

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт ИК
Направление подготовки Машиностроение
Кафедра ТАМП

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка технологического процесса изготовления муфты

УДК 621.825.001.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Л21	Казанцев Валентин Александрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Цыганков Р.С.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Конотопский В.Ю.	кандидат наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Мезенцева И. Л.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Арляпов А.Ю.			

Техническое задание	4
1 Технологическая часть	4
1.1 Определение типа производства	4
1.2 Анализ технологичности детали	6
1.3 Выбор исходной заготовки	7
1.4 Разработка маршрута технологии изготовления	8
1.5 Определение допусков на технологические размеры	15
1.6 Расчет минимальных припусков на обработку	16
1.7.1 Проверка обеспечения точности конструкторских диаметральных размеров	17
1.7.2 Проверка обеспечения точности конструкторских продольных размеров	18
1.8.1 Расчет диаметральных технологических размеров	19
1.8.2 Расчет продольных технологических размеров	19
1.9 Расчет режимов резания	20
1.10 Выбор оборудования	33
1.11 Определение норм времени	35
1.11.1 Расчет основного времени	35
Отрезка заготовки	36
1.11.2 Расчет вспомогательного времени	45
1.11.3 Определение штучно-калькуляционного времени	46
2 Конструкторская часть	49
2.1 Описание работы приспособления	49
2.2 Определение величины радиального зазора	49
2.3 Определение силы зажима и давления	49
3 Экономическая часть	50
3.1 Общие положения	50
3.2 Расчет затрат по статье «Сырье и материалы»	51
3.3 Расчет затрат по статье «Покупные комплектующие и полуфабрикаты»	52
3.4 Расчет затрат по статье «Возвратные отходы»	52
3.5 Расчет затрат по статье «Топливо и энергия на технологические цели»	53
3.6 Расчет затрат по статье «Основная заработная плата производственных рабочих»	53
3.7 Расчет затрат по статье «Дополнительная заработная плата производственных рабочих»	53
3.8 Расчет затрат по статье «Налоги, отчисления в бюджет и внебюджетные фонды»	54
3.9 Расчет затрат по статье «Погашение стоимости инструментов и приспособлений целевого назначения»	54
3.10 Расчет затрат по статье «Расходы по содержанию и эксплуатации машин и оборудования»	54
3.11 Расчет затрат по статье «Общехозяйственные расходы»	58
3.12 Расчет затрат по статье «Технологические потери»	58

3.13 Расчет затрат по статье «Общехозяйственные расходы»	59
3.14 Расчет затрат по статье «Потери брака».....	59
3.15 Расчет затрат по статье «Прочие производственные расходы»	59
3.16 Расчет затрат по статье «Расходы на реализацию»	59
3.17 Расчет прибыли	60
3.18 Расчет НДС	60
3.19 Цена изделия	60
4 Социальная ответственность	61
4.1 Производственная безопасность	61
4.2 Экологическая безопасность	68
4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	69
4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	70
Литература.....	73

Техническое задание

Разработать технологический процесс изготовления детали «муфта». Чертеж детали представлен на листе формата А3 (Приложение 1). Годовая программа выпуска 5000 шт.

1 Технологическая часть

1.1 Определение типа производства

Тип производства определяется по коэффициенту закрепления операций [7].

$$K_{30} = \frac{t_d}{t_{шс}}$$

где t_d – такт выпуска деталей, $t_{шс}$ – среднее штучное время операций.

Рассчитаем такт выпуска деталей:

$$t_d = \frac{60\Phi_d}{N} = \frac{124200}{5000} = 24,84$$

где Φ_d – действительный годовой фонд времени оборудования;

$N = 5000$ – годовой объем выпуска деталей.

Годовой фонд времени оборудования при условии работы в одну смену

$$\Phi_d = 2070 \text{ ч}$$

Среднее штучное время рассчитывают по формуле

$$t_{шс} = \sum_{i=1}^n t_{ши}/n,$$

где $t_{ши}$ – штучное время i -ой операции изготовления детали;

n – число основных операций в технологическом процессе.

Штучное время каждой операции определяется как

$$t_{ш} = \varphi_k \cdot T_0,$$

где φ_k – коэффициент, зависящий от вида станка;

T_0 – основное технологическое время.

0. Заготовительная операция.

Отрезание

$$\varphi_k = 2,14$$

$$T_0 = 0,00019 \cdot D^2$$

$$t_{ш0} = 2,14 \cdot 0,00019 \cdot 125^2 = 6,353$$

1. Токарная

Подрезание торца

$$\varphi_k = 2,14$$

$$T_0 = 0,000037 \cdot D^2$$

$$t_{ш1} = 2,14 \cdot 0,000037 \cdot 125^2 = 1,237$$

2. Токарная

Черновая обточка поверхности

$$\begin{aligned}\varphi_K &= 2,14 \\ T_0 &= 0,00017 \cdot D \cdot l \cdot k \\ t_{ш2} &= 2,14 \cdot 0,00017 \cdot 119,3 \cdot 20 \cdot 4 = 1,622 \\ &\text{где } k - \text{количество проходов}\end{aligned}$$

3. Токарная

Точение фаски

$$\begin{aligned}\varphi_K &= 2,14 \\ T_0 &= 0,000037 \cdot (D^2 - d^2) \\ t_{ш3} &= 2,14 \cdot 0,000037 \cdot (14400 - 12746,41) = 0,131\end{aligned}$$

4. Токарная

Растачивание отверстия

$$\begin{aligned}\varphi_K &= 2,14 \\ T_0 &= 0,00018 \cdot D \cdot l \\ t_{ш4} &= 2,14 \cdot 0,00018 \cdot 76 \cdot 33 = 0,966\end{aligned}$$

5. Токарная

Точение поверхности

$$\begin{aligned}\varphi_K &= 2,14 \\ T_0 &= 0,000037 \cdot (D^2 - d^2) \\ t_{ш5} &= 2,14 \cdot 0,000037 \cdot 3204 = 0,254\end{aligned}$$

6. Токарная

Точение фаски

$$\begin{aligned}\varphi_K &= 2,14 \\ T_0 &= 0,000037 \cdot (D^2 - d^2) \\ t_{ш6} &= 2,14 \cdot 0,000037 \cdot (6006,25 - 5776) = 0,018\end{aligned}$$

7. Токарная

Подрезание торца

$$\begin{aligned}\varphi_K &= 2,14 \\ T_0 &= 0,000037 \cdot (D^2 - d^2) \\ t_{ш7} &= 2,14 \cdot 0,000037 \cdot 5249 = 0,416\end{aligned}$$

8. Токарная

Точение фаски

$$\begin{aligned}\varphi_K &= 2,14 \\ T_0 &= 0,000037 \cdot (D^2 - d^2) \\ t_{ш8} &= 2,14 \cdot 0,000037 \cdot (6006,25 - 5776) = 0,018\end{aligned}$$

9. Токарная

Черновая обточка поверхности

$$\begin{aligned}\varphi_K &= 2,14 \\ T_0 &= 0,00017 \cdot D \cdot l \cdot k\end{aligned}$$

$$t_{ш9} = 2,14 \cdot 0,00017 \cdot 105 \cdot 22 \cdot 4 = 3,362$$

где k – количество проходов

10. Токарная

Точение поверхности

$$\begin{aligned}\varphi_k &= 2,14 \\ T_0 &= 0,000037 \cdot (D^2 - d^2) \\ t_{ш10} &= 2,14 \cdot 0,000037 \cdot 3800 = 0,301\end{aligned}$$

11. Токарная

Точение канавки

$$\begin{aligned}\varphi_k &= 2,14 \\ T_0 &= 0,00017 \cdot D \cdot l \\ t_{11} &= 2,14 \cdot 0,00017 \cdot 92 \cdot 10,5 = 0,164\end{aligned}$$

12. Долбежная

Долбление эвольвентных шлицев

$$\begin{aligned}\varphi_k &= 1,73 \\ T_0 &= 0,000065 \cdot B \cdot l, \text{ где } B \cdot l - \text{площадь обрабатываемой поверхности} \\ t_{ш12} &= 1,73 \cdot 0,000065 \cdot 758 \cdot 32 = 2,728\end{aligned}$$

13. Слесарная

14. Долбежная

Долбление эвольвентных шлицев

$$\begin{aligned}\varphi_k &= 1,73 \\ T_0 &= 0,000065 \cdot B \cdot l, \text{ где } B \cdot l - \text{площадь обрабатываемой поверхности} \\ t_{ш14} &= 1,73 \cdot 0,000065 \cdot 274 \cdot 11 = 0,339\end{aligned}$$

15. Слесарная

16. Термическая

Рассчитаем среднее штучное время операций:

$$t_{шс} = (6,353 + 1,237 + 1,622 + 0,131 + 0,966 + 0,254 + 0,018 + 0,416 + 0,018 + 3,362 + 0,301 + 0,164 + 2,728 + 0,339) / 14 = 1,279$$

$$K_{30} = \frac{t_d}{t_{шс}} = \frac{24,84}{1,279} = 19,42$$

$10 \leq K_{30} \leq 20$, что соответствует среднесерийному производству.

1.2 Анализ технологичности детали

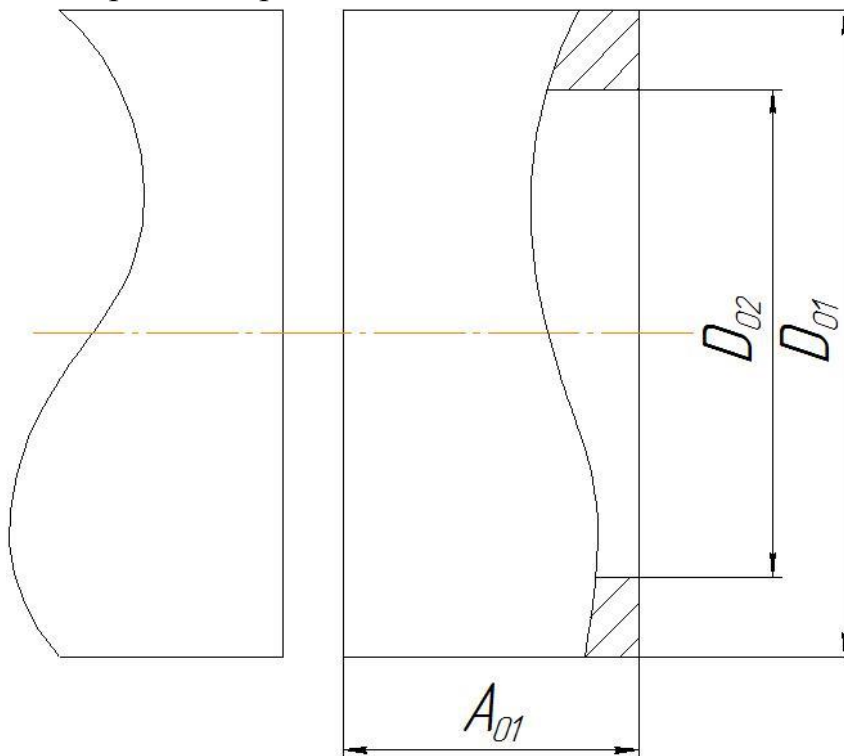
Деталь имеет простую конструкцию. Обеспечивается свободный доступ инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям, деталь является

достаточно жесткой. Деталь имеет совокупность поверхностей, которые могут быть использованы в качестве технологических баз.

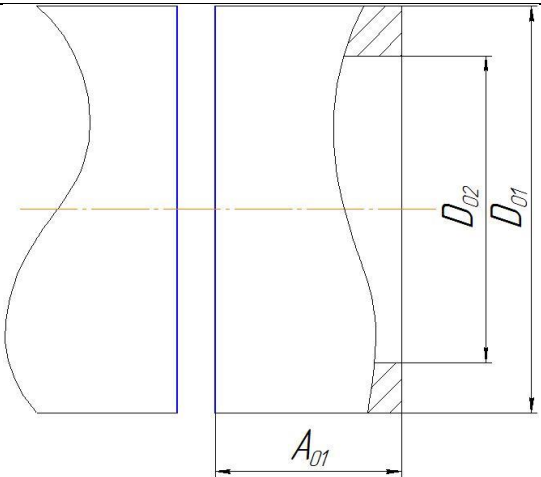
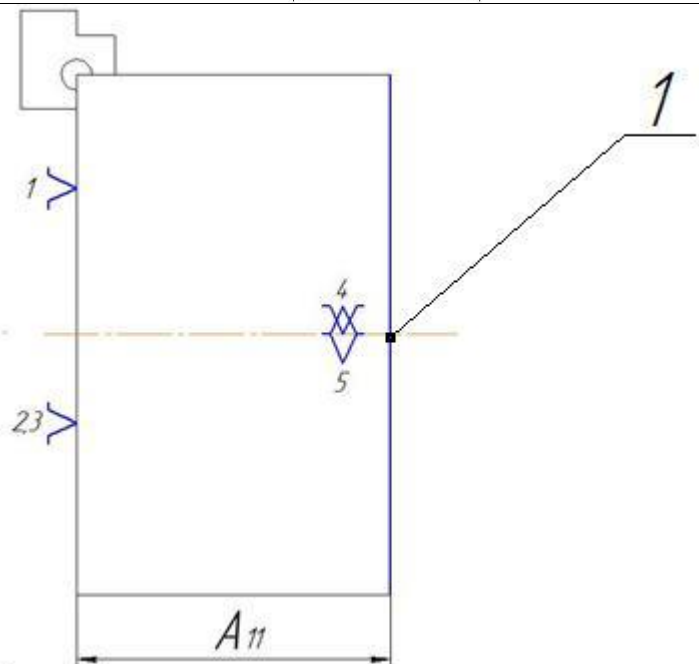
Форма детали позволяет использовать в качестве заготовки трубу стальную бесшовную горячедеформированную.

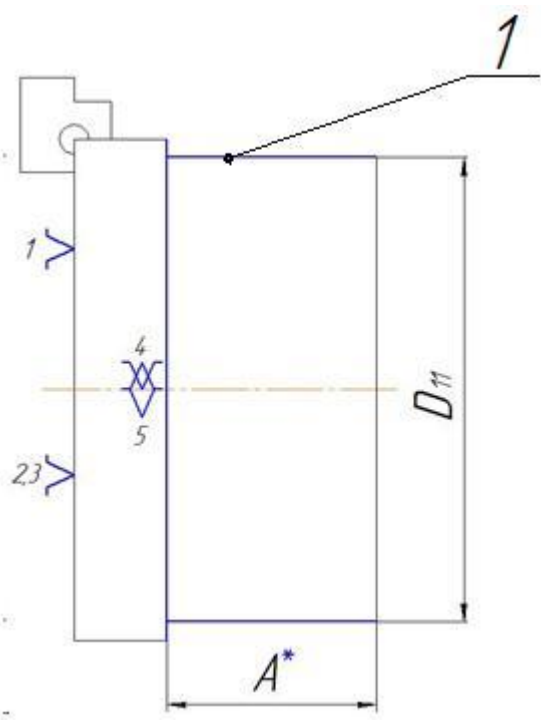
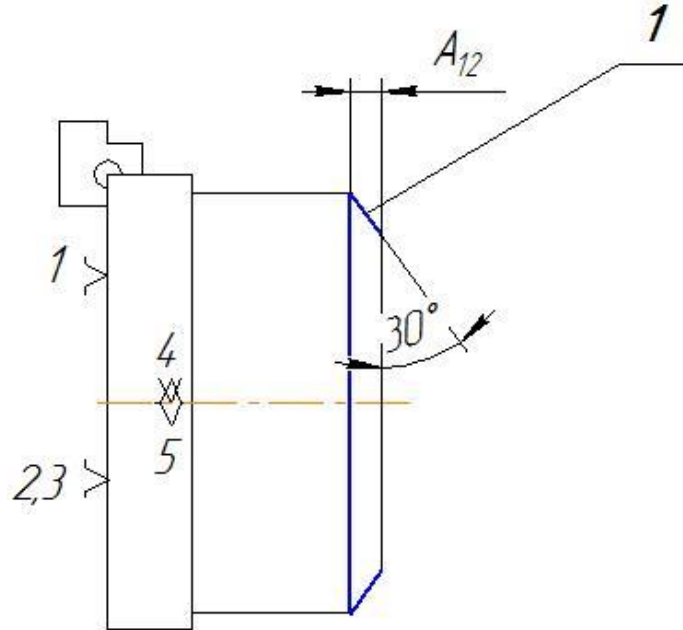
1.3 Выбор исходной заготовки

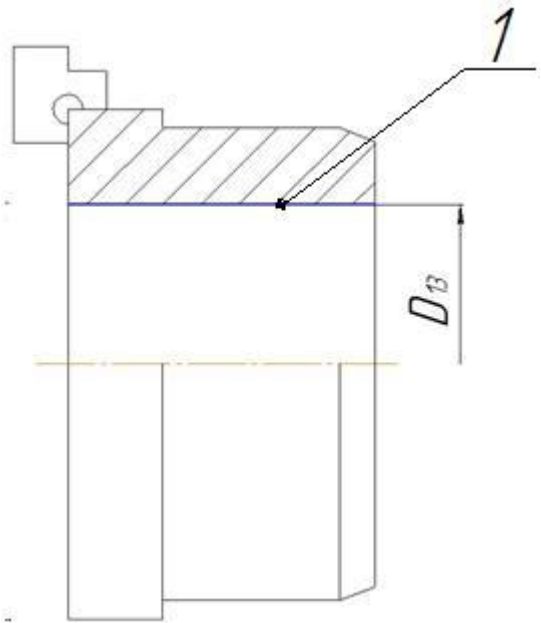
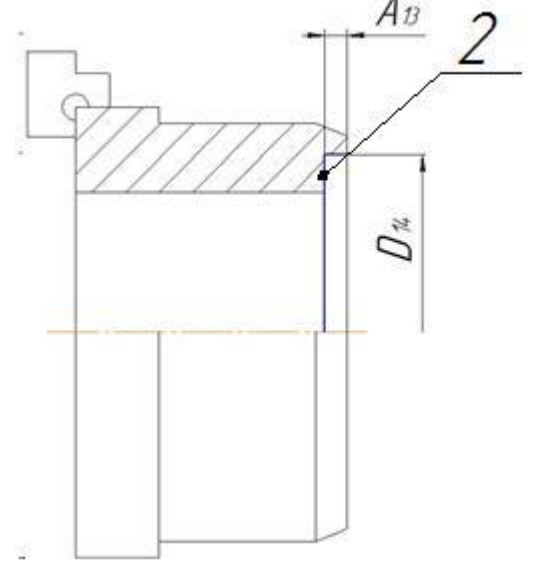
С учетом материала заготовкой для детали будет являться труба стальная бесшовная горячедеформированная, обычной точности, диаметром $D = 133 \pm 0,133$ и толщиной стенок 28 ± 2 по ГОСТ 8732-78. Литая заготовка и поковка не подойдут, так как их нецелесообразно использовать в среднесерийном производстве.

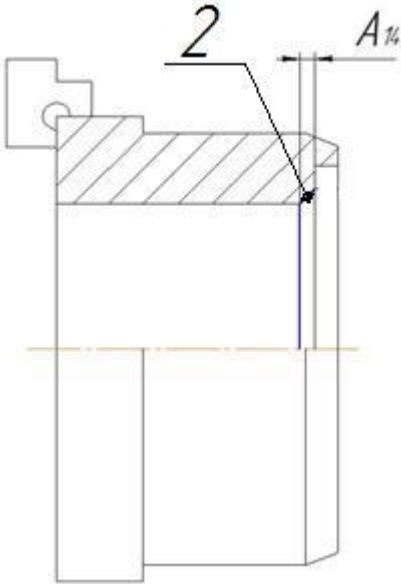
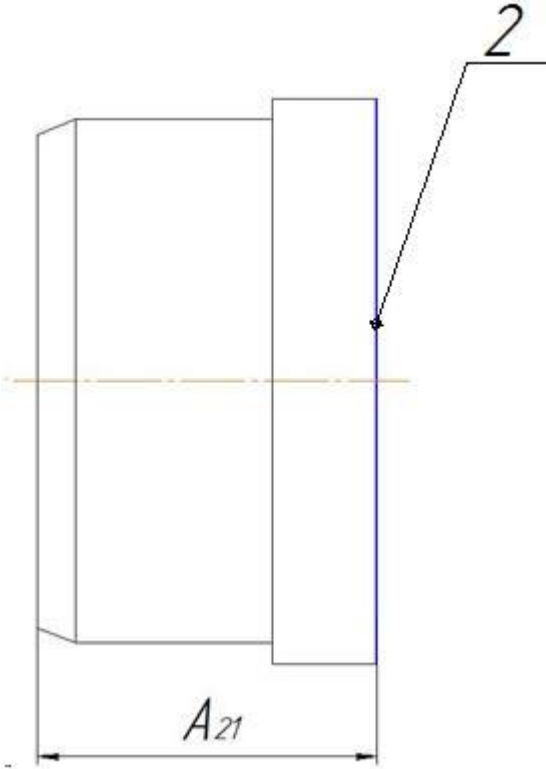


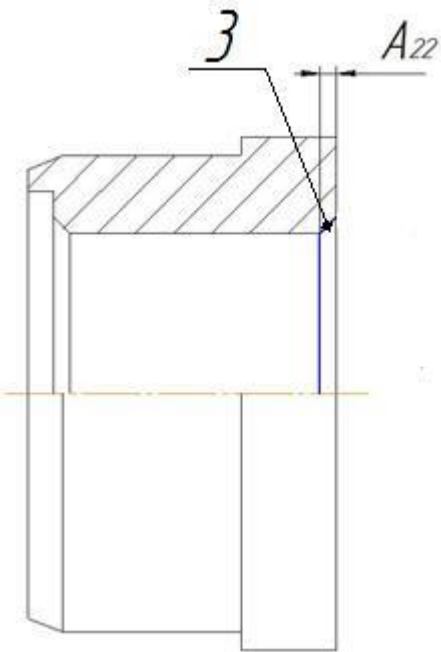
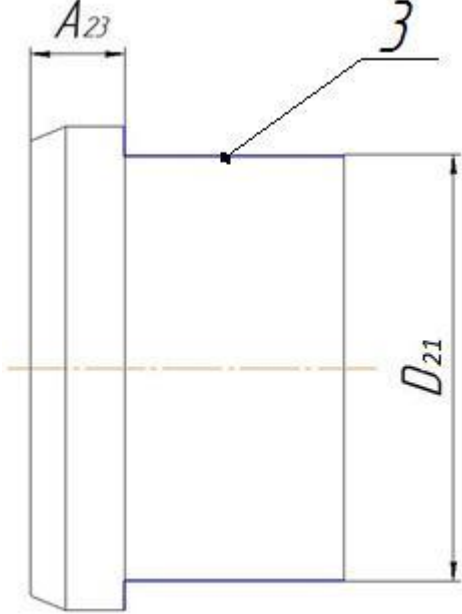
1.4 Разработка маршрута технологии изготовления

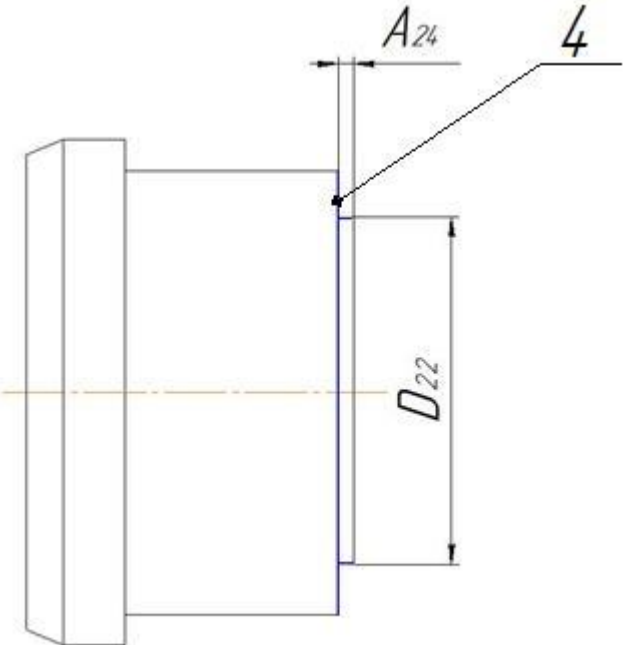
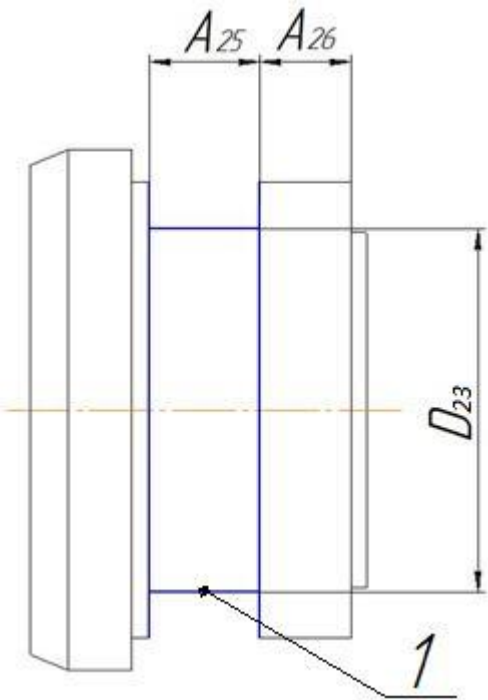
Номер		Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз
Операции	Переход		
000	1	<u>Заготовительная</u> Отрезать заготовку на ленточно-пильном станке выдержав размер A_{01}	
005	1	<u>Токарная</u> Подрезать торец 1, выдержав размер A_{11}	

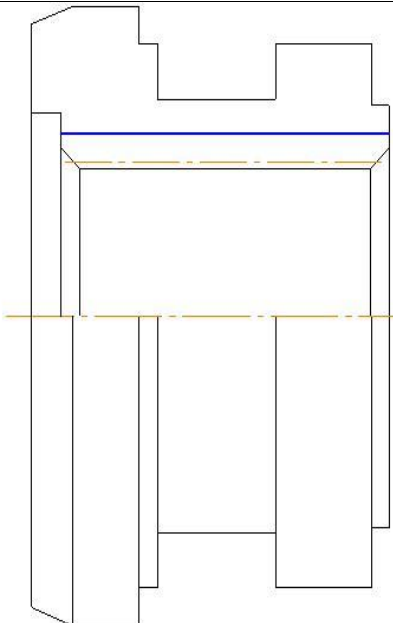
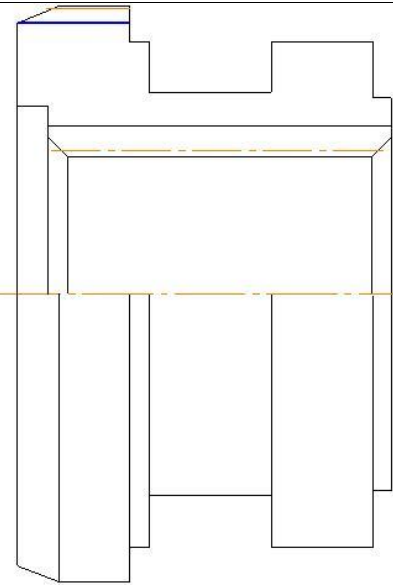
	2	<p>Точить поверхность 1, выдержав размеры A^*, D_{11}</p>	
	3	<p>Точить фаску 1, выдержав размер A_{12}</p>	

	4	<p>Расточить отверстие 1, выдержав размер D_{13}</p>	
	5	<p>Точить поверхность 2, выдержав размеры A_{13}, D_{14}</p>	

	6	Точить фаску 2, выдержав размер A_{14}	
010	1	<u>Токарная</u> Подрезать торец 2, выдержав размер A_{21}	

2	<p>Точить фаску 3, выдержав размер A_{22}</p>	 <p>The drawing shows a cross-section of a mechanical part. A chamfer on the top edge is labeled with the number '3'. A dimension line with arrows indicates the width of this chamfer, labeled as A_{22}. The part has a central vertical hole and a horizontal slot at the bottom.</p>
3	<p>Точить поверхность 3, выдержав размеры A_{23}, D_{21}</p>	 <p>The drawing shows a side view of the same mechanical part. A surface on the top of the main body is labeled with the number '3'. Two dimensions are indicated: A_{23} for the width of the top surface and D_{21} for the diameter of the central hole. A horizontal slot is visible at the bottom of the part.</p>

4	<p>Точить поверхность 4, выдержав размеры A_{24}, D_{22}</p>	 <p>The drawing shows a side view of a mechanical component. A horizontal dashed line represents the axis of symmetry. A vertical dimension line on the right indicates a diameter D_{22}. A horizontal dimension line at the top indicates a width A_{24}. A leader line points from the label '4' to a specific surface on the right side of the part.</p>
5	<p>Точить канавку 1, выдержав размеры A_{25}, D_{23}, A_{26}</p>	 <p>The drawing shows a side view of a mechanical component with a central groove. A horizontal dashed line represents the axis of symmetry. Two horizontal dimension lines at the top indicate widths A_{25} and A_{26} for the sections on either side of the groove. A vertical dimension line on the right indicates a diameter D_{23}. A leader line points from the label '1' to the bottom surface of the central groove.</p>

015	1	<u>Долбежная</u> Долбить зубья с параметрами указанными в таблице	<table><tr><td colspan="3">Эвольвентные шлицы 80×2</td></tr><tr><td>Модуль</td><td><i>m</i></td><td>2</td></tr><tr><td>Кол-во зубьев</td><td><i>z</i></td><td>38</td></tr><tr><td>Козф. смещения</td><td><i>x</i></td><td>+0,45</td></tr><tr><td>Толщина зуба</td><td><i>e</i></td><td>4,181^{+0,042}_{-0,032}</td></tr><tr><td>Длина общей нормали</td><td><i>W</i></td><td>39,807^{+0,026}_{-0,069}</td></tr><tr><td>Диаметр вершин</td><td><i>d_a</i></td><td>76H11</td></tr><tr><td>Диаметр впадин</td><td><i>d_f</i></td><td>80 H14</td></tr></table> 	Эвольвентные шлицы 80×2			Модуль	<i>m</i>	2	Кол-во зубьев	<i>z</i>	38	Козф. смещения	<i>x</i>	+0,45	Толщина зуба	<i>e</i>	4,181 ^{+0,042} _{-0,032}	Длина общей нормали	<i>W</i>	39,807 ^{+0,026} _{-0,069}	Диаметр вершин	<i>d_a</i>	76H11	Диаметр впадин	<i>d_f</i>	80 H14
Эвольвентные шлицы 80×2																											
Модуль	<i>m</i>	2																									
Кол-во зубьев	<i>z</i>	38																									
Козф. смещения	<i>x</i>	+0,45																									
Толщина зуба	<i>e</i>	4,181 ^{+0,042} _{-0,032}																									
Длина общей нормали	<i>W</i>	39,807 ^{+0,026} _{-0,069}																									
Диаметр вершин	<i>d_a</i>	76H11																									
Диаметр впадин	<i>d_f</i>	80 H14																									
020		<u>Слесарная</u> Зачистить заусенцы																									
025	1	<u>Долбежная</u> Долбить зубья с параметрами указанными в таблице	<table><tr><td colspan="3">Эвольвентные шлицы 80×2</td></tr><tr><td>Модуль</td><td><i>m</i></td><td>3,5</td></tr><tr><td>Кол-во зубьев</td><td><i>z</i></td><td>34</td></tr><tr><td>Козф. смещения</td><td><i>x</i></td><td>-0,4071</td></tr><tr><td>Толщина зуба</td><td><i>e</i></td><td>3,853^{+0,09}</td></tr><tr><td>Длина общей нормали</td><td><i>W</i></td><td>56,488^{+0,078}_{+0,029}</td></tr><tr><td>Диаметр вершин</td><td><i>D_a</i></td><td>119,3h11</td></tr><tr><td>Диаметр впадин</td><td><i>D_f</i></td><td>112,9h14</td></tr></table> 	Эвольвентные шлицы 80×2			Модуль	<i>m</i>	3,5	Кол-во зубьев	<i>z</i>	34	Козф. смещения	<i>x</i>	-0,4071	Толщина зуба	<i>e</i>	3,853 ^{+0,09}	Длина общей нормали	<i>W</i>	56,488 ^{+0,078} _{+0,029}	Диаметр вершин	<i>D_a</i>	119,3h11	Диаметр впадин	<i>D_f</i>	112,9h14
Эвольвентные шлицы 80×2																											
Модуль	<i>m</i>	3,5																									
Кол-во зубьев	<i>z</i>	34																									
Козф. смещения	<i>x</i>	-0,4071																									
Толщина зуба	<i>e</i>	3,853 ^{+0,09}																									
Длина общей нормали	<i>W</i>	56,488 ^{+0,078} _{+0,029}																									
Диаметр вершин	<i>D_a</i>	119,3h11																									
Диаметр впадин	<i>D_f</i>	112,9h14																									
030		<u>Слесарная</u> Зачистить заусенцы																									
045		<u>Термическая</u>																									
050		<u>Контрольная</u> Проконтролировать размеры																									

1.5 Определение допусков на технологические размеры

Следуя из выбранного маршрута обработки детали, назначаем допуски на все технологические размеры и заносим их в таблицу[3].

$$TA_{01} = W_{c1} = 3 \text{ мм}; \quad TD_{01} = 0,133 \text{ мм по ГОСТ 2590-88};$$

$$TA_{11} = W_{c2} + \rho_{и2} = 0,12 + 0,05 = 0,17;$$

$$TA^* = W_{c3} + \rho_{и3} = 0,12 + 0,05 = 0,17$$

$$TA_{12} = W_{c4} + \rho_{и4} = 0,12 + 0,05 = 0,17; \quad TD_{11} = W_{c5} = 0,12;$$

$$TA_{23} = W_{c6} + \rho_{и6} = 0,12 + 0,05 = 0,17; \quad TD_{25} = W_{c19} = 0,12;$$

$$TA_{13} = W_{c8} + \rho_{и8} = 0,12 + 0,05 = 0,17; \quad TD_{13} = W_{c9} = 0,12;$$

$$TA_{14} = W_{c10} + \rho_{и10} = 0,12 + 0,05 = 0,17; \quad TD_{15} = W_{c11} = 0,12;$$

$$TA_{21} = W_{c12} + \rho_{и12} = 0,12 + 0,05 = 0,17; \quad TD_{22} = W_{c13} = 0,12;$$

$$TA_{22} = W_{c14} + \rho_{и14} = 0,12 + 0,05 = 0,17 \quad TD_{23} = W_{c15} = 0,12;$$

$$TA_{23} = W_{c16} + \rho_{и16} = 0,12 + 0,05 = 0,17; \quad TD_{24} = W_{c17} = 0,12;$$

$$TA_{25} = W_{c18} + \rho_{и18} = 0,12 + 0,05 = 0,17.$$

Таблица допусков на технологические размеры:

$TA_{01}=3\text{мм}$	Труба стальная бесшовная горячедеформированная обычной точности
$TD_{01}=0,133\text{мм}$	Труба стальная бесшовная горячедеформированная обычной точности
$TA^*=0,17$	Токарная
$TA_{12}=0,17$	Токарная
$TA_{13}=0,17$	Токарная
$TD_{11}=0,12$	Токарная
$TA_{14}=0,17$	Токарная
$TA_{21}=0,17$	Токарная
$TD_{13}=0,12$	Токарная
$TA_{22}=0,17$	Токарная
$TD_{14}= 0,12$	Токарная
$TA_{23}=0,17$	Токарная
$TD_{15}= 0,12$	Токарная
$TA_{24}=0,17$	Токарная
$TD_{22}=0,12$	Токарная

TA ₂₅ =0,17	Токарная
TD ₂₃ = 0,12	Токарная
TA ₄₁ =0,17	Токарная
TD ₂₄ =0,12	Токарная
TD ₂₅ =0,12	Токарная

1.6 Расчет минимальных припусков на обработку

Расчет припусков ведем по [3].

Минимальный припуск на обработку плоскости:

$$Z_{imin} = R_{zi-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} = R_{zi-1} + h_{i-1} + \rho_{\phi-1} + \rho_{p-1},$$

где R_{zi-1} – шероховатость поверхности, полученная на предшествующем переходе (операции) обработки данной поверхности, мкм;

h_{i-1} – толщина дефектного поверхностного слоя, сформированного на предшествующем переходе (операции) обработки данной поверхности, мкм;

ρ_{i-1} – суммарное пространственное отклонение обрабатываемой поверхности, полученного на предшествующем переходе или операции, мкм;

$\rho_{\phi-1}$ – погрешность формы обрабатываемой поверхности, полученная на предшествующем переходе (операции) ее обработки, мкм;

ρ_{p-1} – погрешность расположения обрабатываемой поверхности относительно технологических баз, возникшая на предшествующем переходе (операции) ее обработки, мкм.

Минимальный припуск на обработку поверхностей вращения:

$$Z_{imin} = 2 \cdot \left(R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \right),$$

где ε_{yi} – погрешность установки на выполняемом переходе, мкм.

1. Токарная

Труба стальная бесшовная горячедеформированная, обычной точности, диаметр 133мм, подрезка торца в трехкулачковом патроне,

$$R_z = 80 \dots 150 \text{ мкм}$$

$$h = 100 \dots 150 \text{ мкм}$$

$$\rho_{\phi} = 25 \dots 50 \text{ мкм}$$

$$\rho_p = 100 \dots 200 \text{ мкм}$$

$$Z_{11min} = R_{zi-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \rho_{p-1} = 150 + 100 + 50 + 150 = 450 \text{ мкм}$$

2. Токарная

Подрезка торца в трехкулачковом патроне после отрезной операции,

$$R_z = 80 \dots 150 \text{ мкм}$$

$$h = 50 \dots 100 \text{ мкм}$$

$$\rho_\phi = 25 \dots 50 \text{ мкм}$$

$$\rho_p = 100 \dots 200 \text{ мкм}$$

$$Z_{21min} = R_{zi-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \rho_{p-1} = 150 + 100 + 50 + 150 = 450 \text{ мкм};$$

3. Токарная

Расточка отверстия диаметром 72мм в трехкулачковом патроне,

$$R_z = 80 \dots 150 \text{ мкм}$$

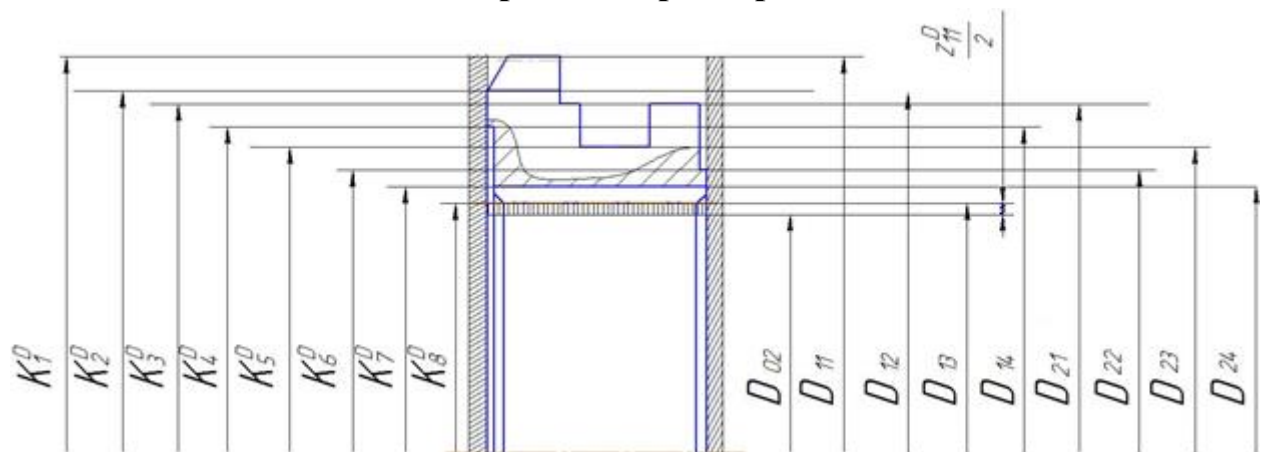
$$h = 50 \dots 100 \text{ мкм}$$

$$\rho_\phi = 30 \dots 60 \text{ мкм}$$

$$\rho_p = 80 \dots 120 \text{ мкм}$$

$$Z_{11min}^D = R_{zi-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \rho_{p-1} = 150 + 100 + 60 + 120 = 430 \text{ мкм};$$

1.7.1 Проверка обеспечения точности конструкторских диаметральных размеров



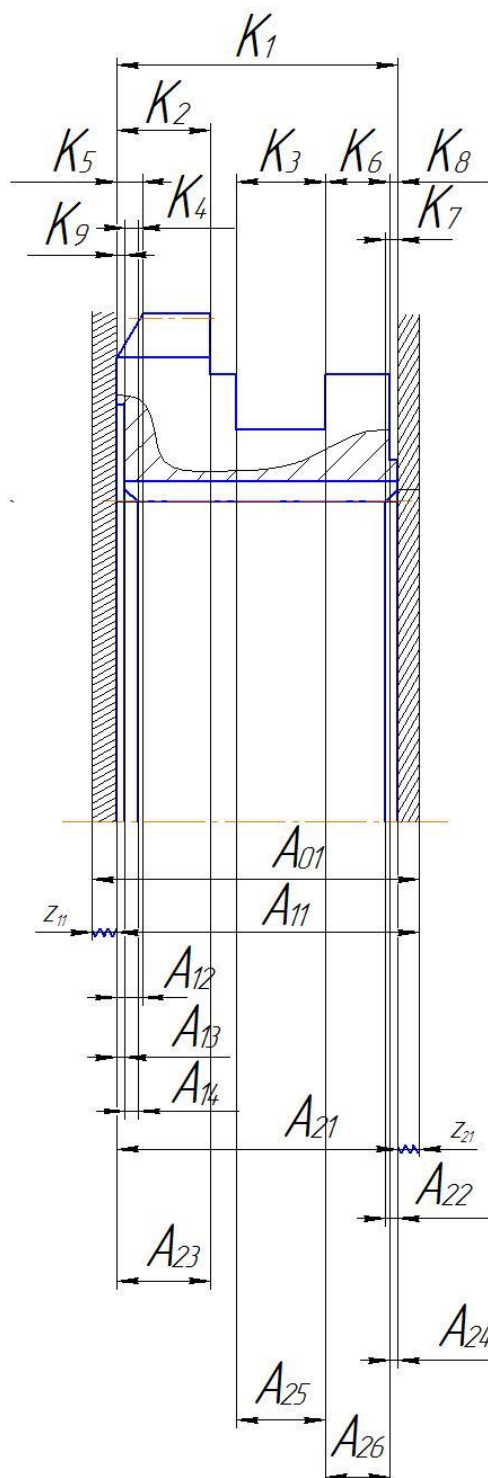
Условие обеспечения точности конструкторских размеров:

$$TK \geq \sum_{i=1}^{n+p} TA_i.$$

Как видно из схемы, все диаметральные конструкторские размеры выдерживаются непосредственно, а, следовательно, соблюдается условие точности обеспечения конструкторских размеров.

1.7.2 Проверка обеспечения точности конструкторских продольных размеров

Как видно из схемы, все продольные конструкторские размеры выдерживаются непосредственно, а, следовательно, соблюдается условие точности обеспечения конструкторских размеров.



1.8.1 Расчет диаметральных технологических размеров

Все диаметры непосредственно выдерживаются, примем их равными конструкторским размерам:

$$K_1^D = D_{11} = 119,3_{-0,22}; K_8^D = D_{13} = 76_{-0,19};$$

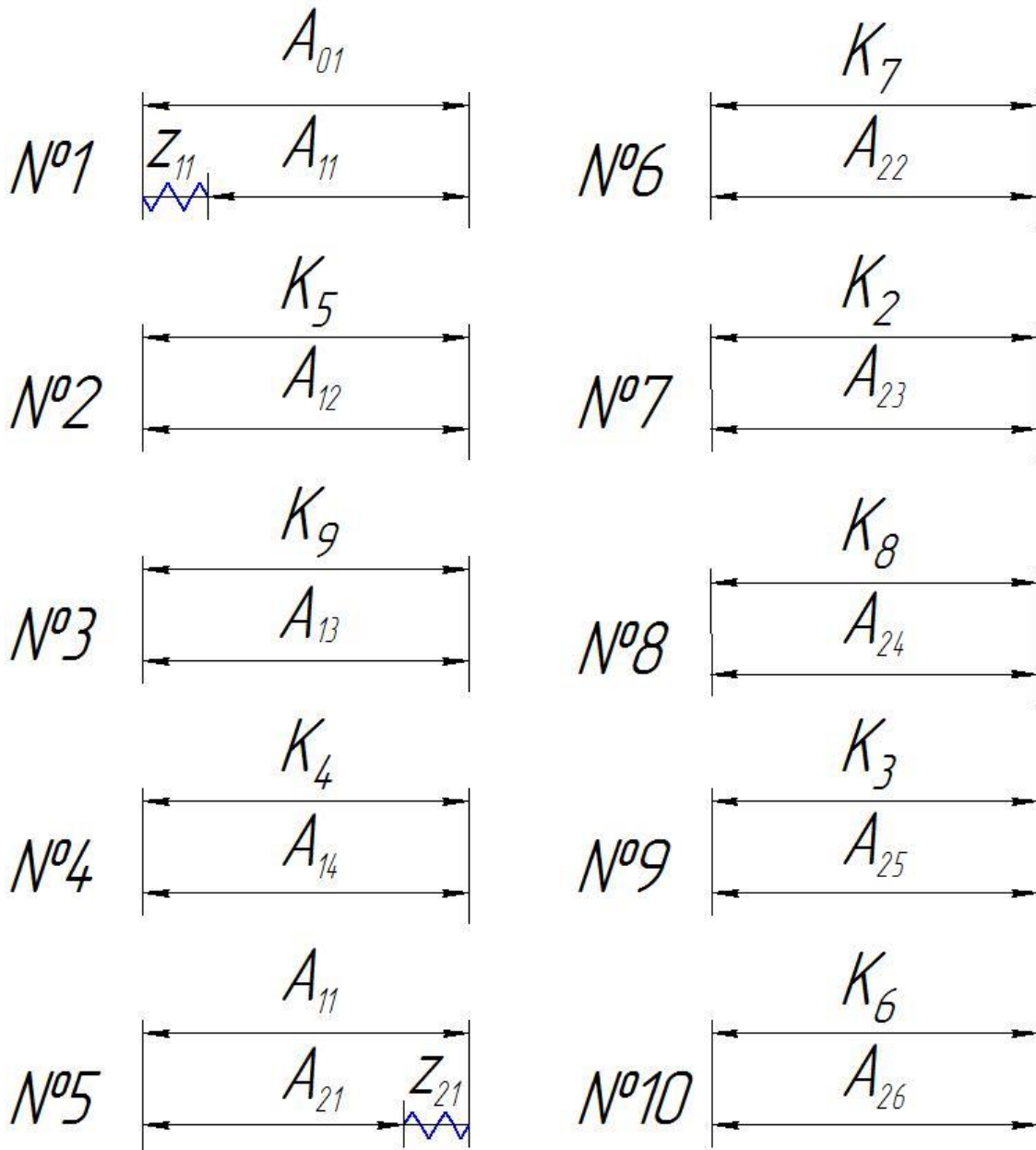
$$K_3^D = D_{23} = 105_{-0,87}; K_4^D = D_{14} = 98_{-0,87};$$

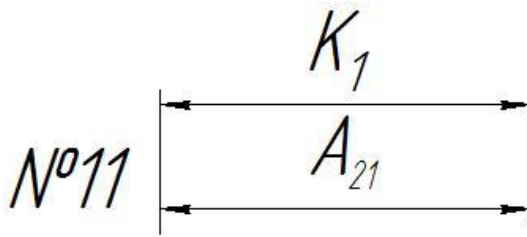
$$K_5^D = D_{25} = 92_{-0,87}; K_6^D = D_{24} = 85_{-0,87};$$

$$K_7^D = D_{26} = 80^{+0,46};$$

1.8.2 Расчет продольных технологических размеров

Вынесем технологические размерные цепи продольного направления на рисунок:





1) Рассчитаем размер A_{11} из цепи № 5.

Для этого определим среднее значение составляющего звена $A_{21} = K_1$:

$$A_{21}^c = A_{21} + \frac{TA_{21}}{2} = 33 + \frac{0 - 0,62}{2} = 32,69;$$

Найдем среднее значение припуска z_{21} :

$$z_{21max} = z_{21min} + TA_{11} + TA_{21} = 0,45 + 0,62 + 0,17 = 1,24$$

$$z_{21}^c = \frac{z_{21min} + z_{21max}}{2} = \frac{0,45 + 1,24}{2} = 1,155$$

$$A_{11}^c = A_{21}^c + z_{21}^c = 32,69 + 1,155 = 33,845$$

Предварительно запишем $A_{11} = 33,845 \pm 0,085$ мм. Так как этот размер относится к валам, то примем $A_{11} = 33,93_{-0,17}$ мм. После округления номинального значения окончательно получим $A_{11} = 33,9_{-0,17}$ мм.

2) Рассчитаем размер A_{01} из цепи № 1.

Для этого найдем среднее значение припуска z_{11} :

$$z_{11max} = z_{11min} + TA_{01} + TA_{11} = 0,45 + 3 + 0,17 = 3,62$$

$$z_{11}^c = \frac{z_{11min} + z_{11max}}{2} = \frac{0,45 + 3,62}{2} = 2,035$$

$$A_{11}^c = 33,845 \text{ (из предыдущего пункта)}$$

$$A_{01}^c = A_{11}^c + z_{11}^c = 33,845 + 3,62 = 37,465$$

Предварительно запишем $A_{11} = 37,465 \pm 1,5$ мм. Так как этот размер относится к валам, то примем $A_{11} = 38,965_{-3}$ мм. После округления номинального значения окончательно получим $A_{11} = 39_{-3}$ мм.

А оставшиеся технологические размеры и их допуски примем равными конструкторским размерам:

$$K_5 = A_{12} = 3^{+0,25}; \quad K_9 = A_{13} = 1^{+0,25};$$

$$K_4 = A_{14} = 1,5^{+0,25}; \quad K_1 = A_{21} = 33_{-0,62};$$

$$K_7 = A_{22} = 1,5^{+0,25}; \quad K_2 = A_{23} = 11_{-0,43};$$

$$K_8 = A_{24} = 1^{+0,25}; \quad K_3 = A_{25} = 10,5^{+0,43};$$

$$K_6 = A_{26} = 7,5_{-0,36};$$

1.9 Расчет режимов резания

Расчет режимов резания ведем по указаниям [1].

Отрезка заготовки

- 1) Назначаем тип резца и режущий материал по ГОСТ 18884-73:
Резец 2130-0345 отрезной с материалом режущей пластины Т5К10.
- 2) Назначаем максимальную глубину резания:
Глубина резания равна ширине резца $t = 8$ мм.
- 3) Геометрия резца.
Ширина режущей части $a = 8$ мм; высота державки $H = 40$ мм;
ширина державки $B = 25$ мм; длина резца $L = 240$ мм;
угол в плане $\varphi = 90^\circ$; исполнение 3.
- 4) Назначаем величину подачи S .
а) Подача в зависимости от материала и обрабатываемого диаметра
 $S_{\text{табл}} = 0,2$ мм/об;
б) Подача по паспорту станка:
 $S_{\text{станка}} = 0,2$ мм/об;
Принимаем $S = 0,2$ мм/об;
- 5) Назначаем стойкость резца $T=60$ мин.
- 6) Рассчитываем скорость резания:

$$v_p = \frac{C_v}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v,$$

Общий поправочный коэффициент K_v учитывает фактические условия резания:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv};$$

где, K_{mv} - поправочный коэффициент учитывающий группу обрабатываемого материала ; K_{iv} - поправочный коэффициент учитывающий инструментальный материал; K_{pv} - поправочный коэффициент учитывающий состояние поверхности заготовки.

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,25;$$

где, K_r - поправочный коэффициент характеризующий группу стали по обрабатываемости и n_v - показатель степени при обработке.

$$K_{pv} = 0,9; K_{iv} = 0,65.$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 0,65 = 0,73;$$

$$v_p = \frac{47}{60^{0,2} \cdot 0,2^{0,8}} \cdot 0,73 = 55,01 \text{ м/мин}$$

- 7) Рассчитываем частоту вращения шпинделя.

$$n = \frac{1000 \cdot v_p}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 55,01}{3,14 \cdot 133} = 131 \text{ об/мин}$$

- 8) Принимаем ближайшее значение по паспорту станка $n_{\text{расч}} \geq n_{\text{пр}}$:

$$n_{\text{пр}} = 125 \text{ об/мин}$$

9) Пересчитываем скорость резания v_p .

$$v_{пр} = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{пр}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 133 \cdot 125}{1000} = 52,2$$

10) Расчет силы и мощности резания

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,846;$$

$$P_z = 10 \cdot C_{pz} \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p},$$

где t — длина лезвия резца

$$P_z = 10 \cdot 408 \cdot 55^{0,72} \cdot 0,2^{0,8} \cdot 1 \cdot 0,846 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 = 15185 \text{ Н}$$

Эффективная мощность резания:

$$N_E = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{15185 \cdot 52,2}{1020 \cdot 60} = 12,95 \text{ кВт.}$$

11) Принимаем мощность по паспорту станка 10 кВт.

Подрезка торца 1

1) Назначаем тип резца и режущий материал по ГОСТ 18880-73:

Резец токарный подрезной отогнутый 2112-0066 с материалом режущей пластинки T15K6.

2) Назначаем максимальную глубину резания:

Принимаем глубину резания равную припуску $t = 3,62$ мм.

3) Геометрия резца:

Радиус при вершине $r = 0,8$; главный задний угол: $\alpha = 7^\circ$; размер державки (высота, ширина): 32×25 ; главный угол плане: $\varphi = 92^\circ$.

4) Назначаем величину подачи S .

а) По диаметру детали и размеру державки :

$$S_{\text{табл}} = 0,9 \text{ мм/об};$$

б) По паспорту станка:

$$S_{\text{станка}} = 0,8 \text{ мм/об};$$

По рекомендациям выбираем наименьшую подачу: $S = 0,8$ мм/об.

5) Назначаем стойкость резца $T=60$ мин.

6) Рассчитываем скорость резания v_p :

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,25; K_{pv} = 0,9; K_{iv} = 1,0;$$

$$K_v = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 0,65 = 0,73;$$

$$v_p = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 0,8^{0,45} \cdot 3,62^{0,15}} \cdot 0,73 = 100,5 \text{ об/мин}$$

7) Рассчитываем частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot 100,5}{3,14 \cdot 133} = 240 \text{ об/мин}$$

8) Принимаем ближайшее значение по паспорту станка $n_{\text{расч}} \geq n_{\text{пр}}$:

$$n_{\text{пр}} = 200 \text{ об/мин}$$

9) Пересчитываем скорость резания v_r :

$$v_{\text{пр}} = \frac{3,14 \cdot 133 \cdot 200}{1000} = 83,52$$

10) Расчет силы и мощности резания:

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,846;$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 3,62^1 \cdot 0,8^{0,75} \cdot 83,52^{-0,15} \cdot 0,846 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 0,7 = 3052 \text{ Н};$$

Эффективная мощность резания:

$$N_E = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{3052 \cdot 83,52}{1020 \cdot 60} = 4,17 \text{ кВт.}$$

11) Расчет мощности станка.

$$N_{\text{ст}} > K_N \cdot N_E \quad (K_N = 1,1 \dots 1,5); \quad K_N = 1,5;$$

$$N_{\text{ст}} = 6,25 \text{ кВт}$$

Точение поверхности 1

1) Назначаем тип резца и режущий материал по ГОСТ 18868-73:

Резец токарный проходной отогнутый 2102-0108 с материалом режущей пластинки Т15К6.

2) Рассчитаем максимальную глубину резания:

$$t_{\text{max}} = \frac{D - d}{2} = \frac{133 - 119,3}{2} = 6,85;$$

с учетом требуемой шероховатости примем количество проходов $i = 3$,

$$t_1 = t_2 = 3; \quad t_3 = 0,85$$

3) Геометрия резца:

Главный и вспомогательный углы в плане: $\varphi = 45^\circ$, $\varphi_1 = 45^\circ$

Главный задний угол: $\alpha = 10^\circ$

Радиус при вершине: $r = 0,8 \text{ мм.}$

Исполнение 1.

Размер державки (высота, ширина): 32×25

4) Назначаем величину подачи S :

а) По диаметру детали и размеру державки

$$S_{\text{табл}} = 0,9 \text{ мм/об};$$

б) По паспорту станка:

$$S_{\text{станка}} = 0,8 \text{ мм/об};$$

По рекомендациям выбираем наименьшую подачу: $S = 0,8$ мм/об.

5) Назначаем стойкость резца $T=60$ мин.

6) Рассчитываем скорость резания v_p :

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{600}\right)^1 = 1,25; K_{pv} = 0,9; K_{iv} = 1,0;$$

$$K_v = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 0,65 = 0,73;$$

$$v_p = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 0,8^{0,45} \cdot 3^{0,15}} \cdot 0,73 = 102 \text{ об/мин}$$

7) Рассчитываем частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot 102}{3,14 \cdot 133} = 244 \text{ об/мин}$$

8) Принимаем ближайшее значение по паспорту станка $n_{расч} \geq n_{пр}$:

$$n_{пр} = 200 \text{ об/мин}$$

9) Пересчитываем скорость резания v_p :

$$v_{пр} = \frac{3,14 \cdot 133 \cdot 200}{1000} = 83,5$$

10) Расчет силы и мощности резания

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} = 0,846;$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 3^1 \cdot 0,8^{0,75} \cdot 83,5^{-0,15} \cdot 0,846 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 = 3613,7 \text{ Н};$$

Эффективная мощность резания:

$$N_E = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{3613,7 \cdot 83,5}{1020 \cdot 60} = 4,93 \text{ кВт.}$$

11) Расчет мощности станка.

$$N_{ст} > K_N \cdot N_E \quad (K_N = 1,1 \dots 1,5); K_N = 1,5;$$

$$N_{ст} = 7,38 \text{ кВт}$$

Точение фаски1

Назначаем режимы резания как в предыдущем пункте, глубина резания $t = 3,2$; $t_1 = 3$; $t_2 = 0,2$; количество проходов $i = 2$, инструмент: резец проходной 2100-0034.

Расточка отверстия 1

1) Назначаем тип резца и режущий материал по ГОСТ 18879:

резец расточной 2141-0027 с материалом режущей пластинки Т15К6.

2) Глубину резания принимаем равную половине припуска:

$$z_{11max}^D = z_{11min}^D + TD_{02} + TD_{13} = 0,43 + 4 + 0,19 = 4,62$$

$$t = \frac{4,62}{2} = 2,31.$$

3) Геометрия резца:

Главный угол плане: $\varphi = 5^\circ$, исполнение 1, тип 1.

Размер державки (высота, ширина): 20× 20

4) Назначаем величину подачи S :

а) По диаметру детали и размеру державки

$$S_{\text{табл}} = 0,2 \text{ мм/об};$$

б) По паспорту станка:

$$S_{\text{станка}} = 0,8 \text{ мм/об};$$

По рекомендациям выбираем наименьшую подачу: $S = 0,2 \text{ мм/об}$.

5) Назначаем стойкость резца $T=60 \text{ мин}$.

6) Рассчитываем скорость резания v_r :

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{600}\right)^1 = 1,25; K_{pv} = 0,9; K_{iv} = 1,0;$$

$$K_v = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 0,65 = 0,73;$$

$$v_r = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 2,31^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 0,73 = 164,5 \text{ об/мин}$$

7) Рассчитываем частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot 164,5}{3,14 \cdot 133} = 393 \text{ об/мин}$$

8) Принимаем ближайшее значение по паспорту станка $n_{\text{расч}} \geq n_{\text{пр}}$:

$$n_{\text{пр}} = 315 \text{ об/мин}$$

9) Пересчитываем скорость резания v_r :

$$v_{\text{пр}} = \frac{3,14 \cdot 133 \cdot 315}{1000} = 131,55$$

10) Расчет силы и мощности резания

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} = 0,846;$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,31^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 131,55^{-0,15} \cdot 0,846 \cdot 1,08 \cdot 1 \cdot 1 = 911,8 \text{ Н};$$

Эффективная мощность резания:

$$N_E = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{911,8 \cdot 131,55}{1020 \cdot 60} = 1,96 \text{ кВт}.$$

11) Расчет мощности станка.

$$N_{\text{ст}} > K_N \cdot N_E \quad (K_N = 1,1 \dots 1,5); K_N = 1,5;$$

$$N_{\text{ст}} = 2,94 \text{ кВт}$$

Точение поверхности 2

1) Назначаем тип резца и режущий материал по ГОСТ 18880-73:

Резец токарный подрезной отогнутый 2112-0066 с материалом режущей пластинки T15K6.

2) Примем глубину резания равную глубине протачиваемого отверстия $t = 1$.

3) Геометрия резца:

Радиус при вершине $r = 0,8$; главный задний угол: $\alpha = 7^\circ$; размер державки (высота, ширина): 32×25 ; главный угол плане: $\varphi = 92^\circ$.

4) Назначаем величину подачи S :

а) По диаметру детали и размеру державки

$$S_{\text{табл}} = 0,9 \text{ мм/об};$$

б) По паспорту станка:

$$S_{\text{станка}} = 0,8 \text{ мм/об};$$

По рекомендациям выбираем наименьшую подачу: $S = 0,8 \text{ мм/об}$.

5) Назначаем стойкость резца $T=60$ мин.

6) Рассчитываем скорость резания v_p :

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{600}\right)^1 = 1,25; K_{pv} = 0,9; K_{iv} = 1,0;$$

$$K_v = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 0,65 = 0,73;$$

$$v_p = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 0,8^{0,45} \cdot 1^{0,15}} \cdot 0,73 = 121,6 \text{ об/мин}$$

7) Рассчитываем частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot 121,6}{3,14 \cdot 133} = 291 \text{ об/мин}$$

8) Принимаем ближайшее значение по паспорту станка $n_{\text{расч}} \geq n_{\text{пр}}$:

$$n_{\text{пр}} = 250 \text{ об/мин}$$

9) Пересчитываем скорость резания v_p :

$$v_{\text{пр}} = \frac{3,14 \cdot 133 \cdot 250}{1000} = 104,4$$

10) Расчет силы и мощности резания

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} = 0,846;$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 0,8^{0,75} \cdot 104,4^{-0,15} \cdot 0,846 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 0,7 = 826,6 \text{ Н};$$

Эффективная мощность резания:

$$N_E = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{826,6 \cdot 104,4}{1020 \cdot 60} = 1,41 \text{ кВт}.$$

11) Расчет мощности станка.

$$N_{\text{ст}} > K_N \cdot N_E \quad (K_N = 1,1 \dots 1,5); \quad K_N = 1,5;$$

$$N_{\text{ст}} = 2,12 \text{ кВт}$$

Точение фаски 2

1) Назначаем тип резца и режущий материал по ГОСТ 18879:

Резец токарный проходной 2100-0034 с материалом режущей пластинки Т15К6.

2) Примем глубину резания равную ширине фаски $t = 1,5$.

3) Геометрия резца:

Главный и вспомогательный углы в плане: $\varphi = 45^\circ$, $\varphi_1 = 45^\circ$

Главный задний угол: $\alpha = 10^\circ$

Радиус при вершине: $r = 0,8 \text{ мм}$.

Исполнение 1.

Размер державки (высота, ширина): 32×25

4) Назначаем величину подачи S :

а) По диаметру детали и размеру державки

$$S_{\text{табл}} = 0,9 \text{ мм/об};$$

б) По паспорту станка:

$$S_{\text{станка}} = 0,8 \text{ мм/об};$$

По рекомендациям выбираем наименьшую подачу: $S = 0,8 \text{ мм/об}$.

5) Назначаем стойкость резца $T=60 \text{ мин}$.

6) Рассчитываем скорость резания v_p :

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{600}\right)^1 = 1,25; \quad K_{pv} = 0,9; \quad K_{iv} = 1,0;$$

$$K_v = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 0,65 = 0,73;$$

$$v_p = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 0,8^{0,45} \cdot 1,5^{0,15}} \cdot 0,73 = 114,72 \text{ об/мин}$$

7) Рассчитываем частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot 114,72}{3,14 \cdot 133} = 274 \text{ об/мин}$$

8) Принимаем ближайшее значение по паспорту станка $n_{\text{расч}} \geq n_{\text{пр}}$:

$$n_{\text{пр}} = 250 \text{ об/мин}$$

9) Пересчитываем скорость резания v_p :

$$v_{\text{пр}} = \frac{3,14 \cdot 133 \cdot 250}{1000} = 104,4$$

10) Расчет силы и мощности резания

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,846;$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,5^1 \cdot 0,8^{0,75} \cdot 104,4^{-0,15} \cdot 0,846 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 = 1770 \text{ Н};$$

Эффективная мощность резания:

$$N_E = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{1770 \cdot 104,4}{1020 \cdot 60} = 3,02 \text{ кВт.}$$

11) Расчет мощности станка.

$$N_{ст} > K_N \cdot N_E \quad (K_N = 1,1 \dots 1,5); \quad K_N = 1,5;$$

$$N_{ст} = 4,53 \text{ кВт}$$

Подрезка торца 2

1) Назначаем тип резца и режущий материал по ГОСТ 18880-73:

Резец токарный подрезной отогнутый 2112-0066 с материалом режущей пластинки T15K6.

2) Принимаем глубину резания равную припуску $t = 1,24 \text{ мм}$.

3) Геометрия резца:

Радиус при вершине $r = 0,8$; главный задний угол: $\alpha = 7^\circ$; размер державки (высота, ширина): 32×25 ; главный угол плане: $\varphi = 92^\circ$.

4) Назначаем величину подачи S .

а) По диаметру детали и размеру державки :

$$S_{табл} = 0,9 \text{ мм/об};$$

б) По паспорту станка:

$$S_{станка} = 0,8 \text{ мм/об};$$

По рекомендациям выбираем наименьшую подачу: $S = 0,8 \text{ мм/об}$.

5) Назначаем стойкость резца $T=60 \text{ мин}$.

6) Рассчитываем скорость резания v_p :

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,25; \quad K_{pv} = 0,9; \quad K_{iv} = 1,0;$$

$$K_v = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 0,65 = 0,73;$$

$$v_p = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 0,8^{0,45} \cdot 1,24^{0,15}} \cdot 0,73 = 118,06 \text{ об/мин}$$

7) Рассчитываем частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot 118,06}{3,14 \cdot 133} = 282 \text{ об/мин}$$

8) Принимаем ближайшее значение по паспорту станка $n_{расч} \geq n_{пр}$:

$$n_{пр} = 250 \text{ об/мин}$$

9) Пересчитываем скорость резания v_p :

$$v_{\text{пр}} = \frac{3,14 \cdot 133 \cdot 250}{1000} = 104,4$$

10) Расчет силы и мощности резания:

$$K_{\text{мп}} = \left(\frac{\sigma_{\text{в}}}{750} \right)^n = \left(\frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,846;$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,24^1 \cdot 0,8^{0,75} \cdot 104,4^{-0,15} \cdot 0,846 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 0,7 = 1025,3 \text{ Н};$$

Эффективная мощность резания:

$$N_E = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{1025,3 \cdot 104,4}{1020 \cdot 60} = 1,75 \text{ кВт.}$$

11) Расчет мощности станка.

$$N_{\text{ст}} > K_N \cdot N_E \quad (K_N = 1,1 \dots 1,5); \quad K_N = 1,5;$$

$$N_{\text{ст}} = 2,625 \text{ кВт}$$

Точение фаски 3

Назначаем режимы резания и инструмент как для фаски 2.

Точение поверхности 3

1) Назначаем тип резца и режущий материал по ГОСТ 18879-73:

Резец токарный проходной упорный 2103-0076 с материалом режущей пластинки T15K6.

2) Рассчитаем максимальную глубину резания:

$$t_{\text{max}} = \frac{D - d}{2} = \frac{133 - 105}{2} = 14;$$

Примем количество проходов $i = 5$

$$t_1 = t_2 = t_3 = t_4 = 3; \quad t_5 = 2.$$

3) Геометрия резца:

Главный и вспомогательный углы в плане: $\varphi = 90^\circ$,

Размер державки (высота, ширина): 32×25

4) Назначаем величину подачи S :

а) По диаметру детали и размеру державки

$$S_{\text{табл}} = 0,9 \text{ мм/об};$$

б) По паспорту станка:

$$S_{\text{станка}} = 0,8 \text{ мм/об};$$

По рекомендациям выбираем наименьшую подачу: $S = 0,8 \text{ мм/об.}$

5) Назначаем стойкость резца $T=60$ мин.

6) Рассчитываем скорость резания v_p :

$$K_{\text{mv}} = 1 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,25; \quad K_{\text{пв}} = 0,9; \quad K_{\text{ив}} = 1,0;$$

$$K_v = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 0,65 = 0,73;$$

$$v_p = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 0,8^{0,45} \cdot 3^{0,15}} \cdot 0,73 = 103 \text{ об/мин}$$

7) Рассчитываем частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot 103}{3,14 \cdot 119,3} = 274 \text{ об/мин}$$

8) Принимаем ближайшее значение по паспорту станка $n_{\text{расч}} \geq n_{\text{пр}}$:

$$n_{\text{пр}} = 250 \text{ об/мин}$$

9) Пересчитываем скорость резания v_p :

$$v_{\text{пр}} = \frac{3,14 \cdot 119,3 \cdot 250}{1000} = 93,65$$

10) Расчет силы и мощности резания

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,846;$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 3^1 \cdot 0,8^{0,75} \cdot 93,65^{-0,15} \cdot 0,846 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 0,7 = 2479,89 \text{ Н};$$

Эффективная мощность резания:

$$N_E = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{2479,89 \cdot 93,65}{1020 \cdot 60} = 3,79 \text{ кВт.}$$

11) Расчет мощности станка.

$$N_{\text{ст}} > K_N \cdot N_E \quad (K_N = 1,1 \dots 1,5); \quad K_N = 1,5;$$

$$N_{\text{ст}} = 5,69 \text{ кВт}$$

Точение поверхности 4

1) Назначаем тип резца и режущий материал по ГОСТ 18880-73:

Резец токарный подрезной отогнутый 2112-0066 с материалом режущей пластинки Т15К6.

2) Примем глубину резания $t = 1$.

3) Геометрия резца:

Радиус при вершине $r = 0,8$; главный задний угол: $\alpha = 7^\circ$; размер державки (высота, ширина): 32×25 ; главный угол плане: $\varphi = 92^\circ$.

4) Назначаем величину подачи S :

а) По диаметру детали и размеру державки

$$S_{\text{табл}} = 0,9 \text{ мм/об};$$

б) По паспорту станка:

$$S_{\text{станка}} = 0,8 \text{ мм/об};$$

По рекомендациям выбираем наименьшую подачу: $S = 0,8 \text{ мм/об}$.

5) Назначаем стойкость резца $T=60$ мин.

6) Рассчитываем скорость резания v_p :

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{600}\right)^1 = 1,25; K_{pv} = 0,9; K_{iv} = 1,0;$$

$$K_v = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 0,65 = 0,73;$$

$$v_p = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 0,8^{0,45} \cdot 1^{0,15}} \cdot 0,73 = 121,6 \text{ об/мин}$$

7) Рассчитываем частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot 121,6}{3,14 \cdot 119,3} = 324 \text{ об/мин}$$

8) Принимаем ближайшее значение по паспорту станка $n_{\text{расч}} \geq n_{\text{пр}}$:

$$n_{\text{пр}} = 315 \text{ об/мин}$$

9) Пересчитываем скорость резания v_p :

$$v_{\text{пр}} = \frac{3,14 \cdot 119,3 \cdot 315}{1000} = 118$$

10) Расчет силы и мощности резания

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} = 0,846;$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 0,8^{0,75} \cdot 118^{-0,15} \cdot 0,846 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 0,7 = 810,1 \text{ Н};$$

Эффективная мощность резания:

$$N_E = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{810,1 \cdot 118}{1020 \cdot 60} = 1,56 \text{ кВт.}$$

11) Расчет мощности станка:

$$N_{\text{ст}} > K_N \cdot N_E \quad (K_N = 1,1 \dots 1,5); K_N = 1,5;$$

$$N_{\text{ст}} = 2,34 \text{ кВт}$$

Точение канавки 1

Назначаем режимы резания и инструмент как в пункте 1; число проходов $i = 2$; $t_1 = 8$; $t_2 = 2,5$.

Долбление внутренних эвольвентных шлицев

1) Назначаем инструмент и режущий материал по ГОСТ 9323-79:

долбяк зуборезный чистовой 2536-0107; материал инструмента Т5К10.

2) Исходя из требуемых параметров шероховатости примем глубину резания равную максимальной глубине:

$$t_{\text{max}} = \frac{80 - 76}{2} = 2.$$

3) Геометрия долбяка:

Задний угол: $\alpha = 6^\circ$; передний угол: $\gamma = 5^\circ$; тип 1; число зубьев $z = 25$.

4) Назначаем величину подачи S для станка модели 5122, для обработки стали, при модуле нарезаемого колеса $m = 3,5$ мм;

а) Круговая подача $S_a = 0,4$ мм/дв.ход

б) Радиальная подача $S_g = 0,036$ мм/дв.ход

5) Назначаем стойкость резца $T=420$ мин.

6) Рассчитываем скорость резания исходя из параметров выбранного станка по формуле:

$$v_p = \frac{\sqrt[n+1]{\frac{1020 \cdot 60 \cdot N_{\text{станка}} \cdot n_{\text{станка}} \cdot \delta}{C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\text{матр}}}}}{T^{0,25}} \cdot K_v,$$

где $C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \cdot K_{\text{матр}} = P_z$;

$$K_v = K_{\varphi v} \cdot K_{\gamma} \cdot K_{\text{заг}} \cdot K_{\text{инст}} \cdot K_{\text{матр}};$$

N -мощность станка, кВт; n -КПД станка; δ – коэффициент понижения мощности при возможном износе станка.

$$P_z = 300 \cdot 2^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 1,08 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,25 = 675 \text{ Н};$$

$$K_v = K_{\varphi v} \cdot K_{\gamma} \cdot K_{\text{заг}} \cdot K_{\text{инст}} \cdot K_{\text{матр}} = 1,4 \cdot 0,9 \cdot 0,65 \cdot 1 \cdot 1,25 = 1,024;$$

$$v_p = \frac{\sqrt[1,65]{\frac{1020 \cdot 60 \cdot 3 \cdot 0,65 \cdot 0,85}{675}}}{2,783} \cdot 1,024 = \frac{\sqrt[1,65]{150,28}}{2,783} \cdot 1,024 = 7,68 \text{ м/мин}$$

7) Эффективная мощность резания:

$$N_E = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{1080 \cdot 7,68}{1020 \cdot 60} = 0,14 \text{ кВт};$$

Так как $N_E < N_{\text{станка}}$ обработка с данными режимами резания возможна.

Долбление наружных эвольвентных шлицев

1) Назначаем инструмент и режущий материал по ГОСТ 9323-79:

долбяк зуборезный чистовой 2530-0217; материал инструмента Т5К10.

2) Исходя из требуемых параметров шероховатости примем глубину резания равную максимальной глубине:

$$t_{\text{max}} = \frac{119,3 - 112,9}{2} = 3,2.$$

3) Геометрия долбяка:

Задний угол: $\alpha = 6^\circ$; передний угол: $\gamma = 5^\circ$; тип 1; число зубьев $z = 28$.

4) Назначаем величину подачи S для станка модели 5122, для обработки стали, при модуле нарезаемого колеса $m = 3,5$ мм;

а) Круговая подача $S_a = 0,4$ мм/дв.ход

б) Радиальная подача $S_g = 0,036$ мм/дв.ход

5) Назначаем стойкость резца $T=420$ мин.

6) Рассчитываем скорость резания исходя из параметров выбранного станка по формуле:

$$v_p = \frac{\sqrt[n+1]{\frac{1020 \cdot 60 \cdot N_{\text{станка}} \cdot n_{\text{станка}} \cdot \delta}{C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\text{матр}}}}}{T^{0,25}} \cdot K_v,$$

где $C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \cdot K_{\text{матр}} = P_z$;
 $K_v = K_{\varphi v} \cdot K_{\gamma} \cdot K_{\text{заг}} \cdot K_{\text{инст}} \cdot K_{\text{матр}v}$;

N -мощность станка, кВт; n -КПД станка; δ – коэффициент понижения мощности при возможном износе станка.

$$P_z = 300 \cdot 3,2^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 1,08 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,25 = 1080 \text{ Н};$$

$$K_v = K_{\varphi v} \cdot K_{\gamma} \cdot K_{\text{заг}} \cdot K_{\text{инст}} \cdot K_{\text{матр}v} = 1,4 \cdot 0,9 \cdot 0,65 \cdot 1 \cdot 1,25 = 1,024;$$

$$v_p = \frac{\sqrt[1,65]{\frac{1020 \cdot 60 \cdot 3 \cdot 0,65 \cdot 0,85}{1080}}}{2,783} \cdot 1,024 = \frac{\sqrt[1,65]{93,925}}{2,783} \cdot 1,024 = 5,77 \text{ м/мин}$$

7) Эффективная мощность резания:

$$N_E = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{1080 \cdot 5,77}{1020 \cdot 60} = 0,1 \text{ кВт}.$$

Так как $N_E < N_{\text{станка}}$ обработка с данными режимами резания возможна.

1.10 Выбор оборудования

Токарный станок 16К20

Технические характеристики станка 16К20	Параметры
Диаметр обработки над станиной, мм	400
Диаметр обработки над суппортом, мм	220
Расстояние между центрами	1000 / 1500
Класс точности по ГОСТ 8-82	Н
Размер внутреннего конуса в шпинделе	Морзе 6 М80*
Конец шпинделя по ГОСТ 12593-72	6К
Диаметр сквозного отверстия в шпинделе, мм	55
Максимальная масса заготовки, закрепленной в патроне, кг	300

Максимальная масса детали, закрепленной в центрах, кг	1 300
Максимальная масса заготовки, закрепленной в патроне, кг	23
Число ступеней частот обратного вращения шпинделя	12
Пределы частот прямого вращения шпинделя, мин-1	12,5 - 2 000
Пределы частот обратного вращения шпинделя, мин-1	19 - 2 420
Число ступеней рабочих подач - продольных	42
Число ступеней рабочих подач - поперечных	42
Пределы рабочих подач - продольных, мм/об	0.7 - 4,16
Пределы рабочих подач - поперечных, мм/об	0,035-2,08
Число нарезаемых метрических резьб	45
Число нарезаемых дюймовых резьб	28
Число нарезаемых модульных резьб	38
Число нарезаемых питчевых резьб	37
Число нарезаемых резьб - архимедовой спирали	5
Наибольший крутящий момент, кНм	2
Наибольшее перемещение пиноли, мм	200
Поперечное смещение корпуса, мм	±15
Наибольшее сечение резца, мм	25
Мощность электродвигателя главного привода	10 кВт
Мощность электродвигателя привода быстрых перемещений суппорта, кВт	0,75 или 1.1
Мощность насоса охлаждения, кВт	0,12
Габаритные размеры станка (Д x Ш x В), мм	3200x1166 x1324
Масса станка, кг	3 035

Зубодолбежный станок 5122

Технические характеристики станка 5122	Параметры
--	-----------

Макс. делительный диаметр обрабатываемого зубчатого колеса, мм	не менее 200
Модуль зубьев колес	5
Макс. ширина нарезаемого венца, мм	50
Диаметр рабочей поверхности стола, мм	250
Номинальный делительный диаметр долбяка, мм	100
Габариты, мм	2000x1450x1965
Вес, кг	4400
Мощность двигателя, кВт	3
Число двойных ходов долбяка в 1 мин	200; 280; 305; 400; 430; 560; 615; 850
Круговая подача за один двойной ход долбяка, мм/дв. ход	0,16; 0,2; 0,25; 0,315; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6
Радиальная подача, мм/дв. ход	0,006; 0,009; 0,013; 0,036; 0,051; 0,072; 0,15

Печь для закалки металла ПКМ 8.16.5/12,5К

Габариты, мм	3100 x1800 x2300
Внутренние размеры, мм	1600 x800 x500
Максимальная температура, °С	1250
Мощность, кВт	70
Вес, кг	2500

1.11 Определение норм времени

Нормы времени определяем по [2].

1.11.1 Расчет основного времени

Формула определения основного времени при токарной обработке детали:

$$T_o = \frac{L_p}{n \cdot S_0} \cdot i,$$

где T_o – основное время на операцию, мин; L_p – длина рабочего хода инструмента мм; n – частота вращения шпинделя об/мин; S_o – подача на оборот шпинделя мм/об; i – количество проходов.

$$L_p = l + l_1 + l_2,$$

где l – длина обрабатываемой поверхности; l_1 – величина врезания инструмента; l_2 – величина перебега инструмента;

Формула определения основного времени при токарной обработке детали:

$$T_o = \frac{\pi \cdot m \cdot z}{K_d \cdot S} \cdot i + \frac{h}{K_d \cdot S_p}, \text{ мин, где}$$

K_d - число двойных ходов долбяка в минуту действительное; h – припуск на обработку, мм.

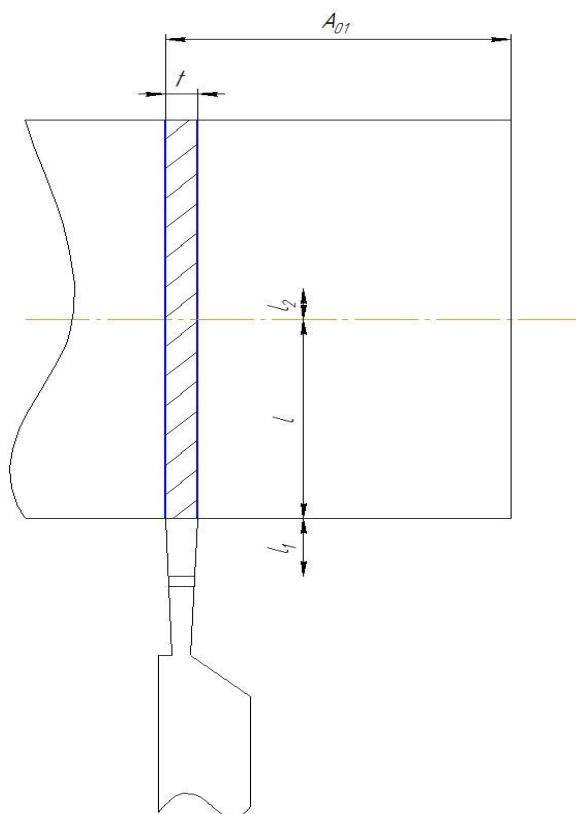
Число двойных ходов долбяка в минуту расчетное:

$$K_p = \frac{1000 \cdot v_p}{2 \cdot L_p}, \text{ мм/дв. ход;}$$

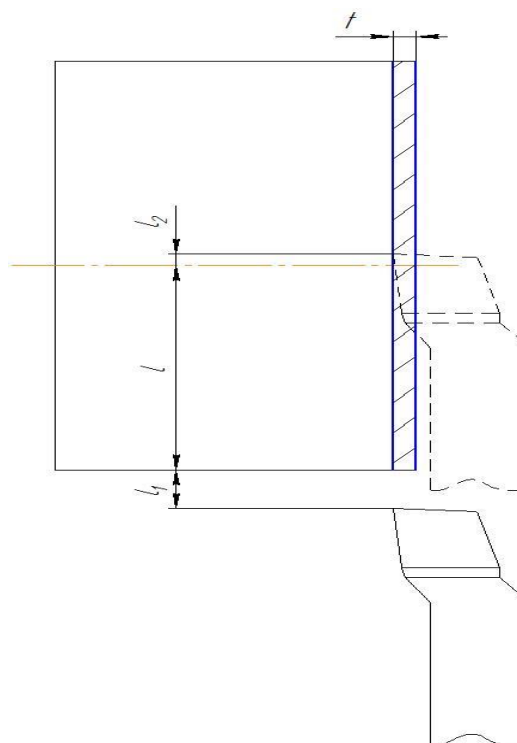
Отрезка заготовки

Примем $l_1 = 5$; $l_2 = 3$; $l = 30$, тогда $L_{p1} = 38$;

$$T_{o1} = \frac{38}{125 \cdot 0,2} = 1,52.$$



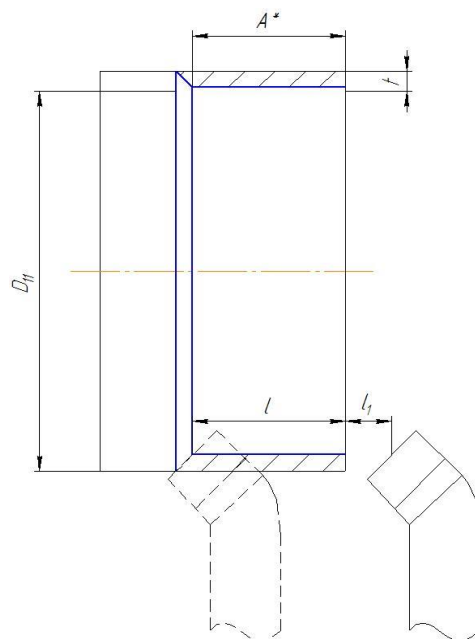
Подрезка торца 1



Примем $l_1 = 5; l_2 = 2; l = 30$, тогда $L_{p2} = 37$;

$$T_{o2} = \frac{37}{200 \cdot 0,8} = 0,23.$$

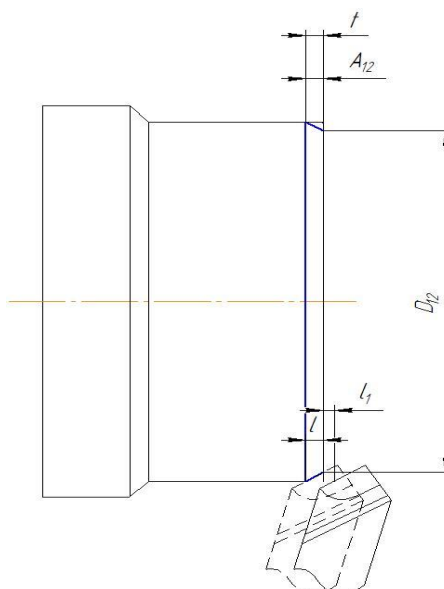
Точение поверхности 1



Примем $l_1 = 4; l = 20$, тогда $L_{p3} = 24$;

$$T_{o3} = \frac{24}{200 \cdot 0,8} \cdot 3 = 0,45.$$

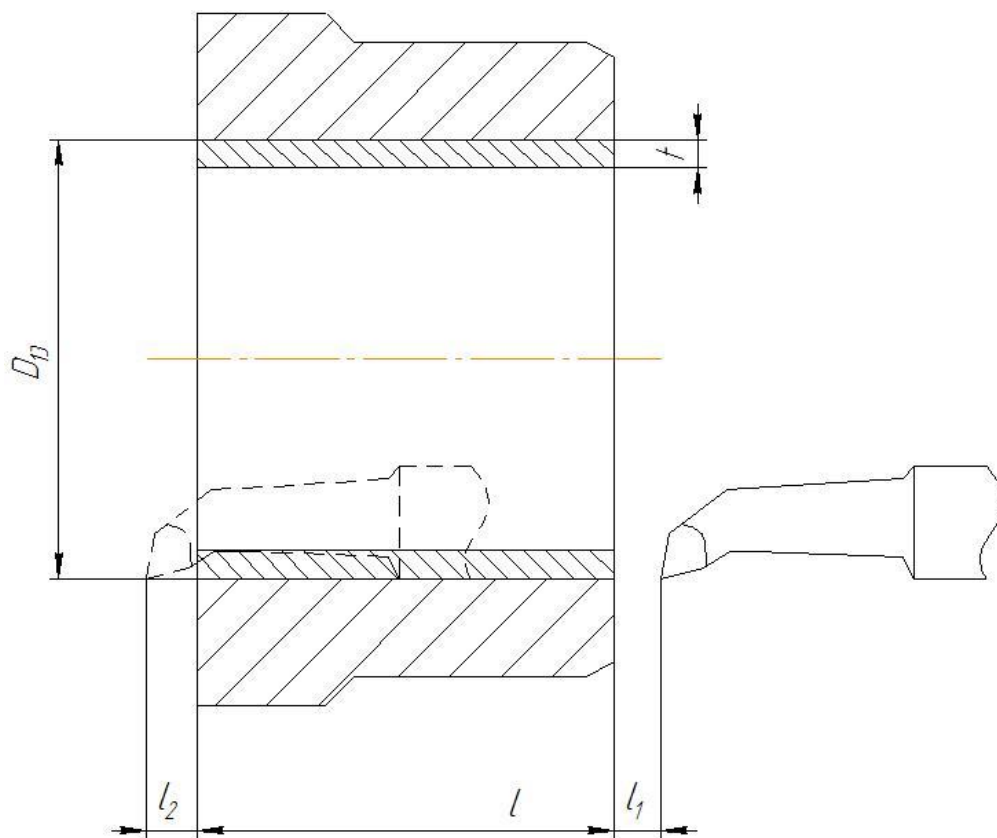
Точение фаски 1



Примем $l_1 = 4; l = 3$, тогда $L_{p4} = 7$;

$$T_{o4} = \frac{7}{200 \cdot 0,8} \cdot 2 = 0,09.$$

Расточка отверстия 1



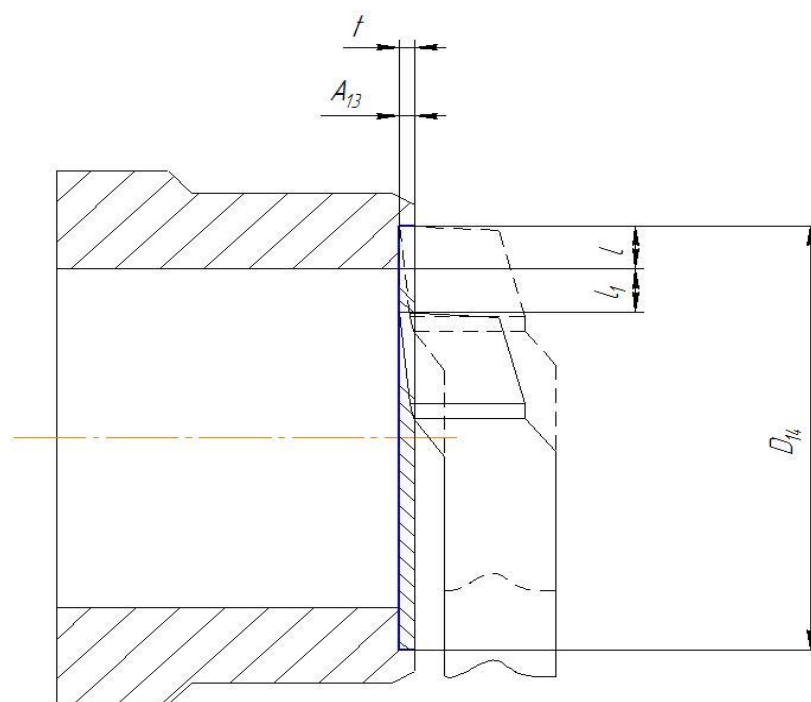
Примем $l_1 = 9; l_2 = 2; l = 33$, тогда $L_{p5} = 44$;

$$T_{o5} = \frac{44}{315 \cdot 0,2} = 0,7.$$

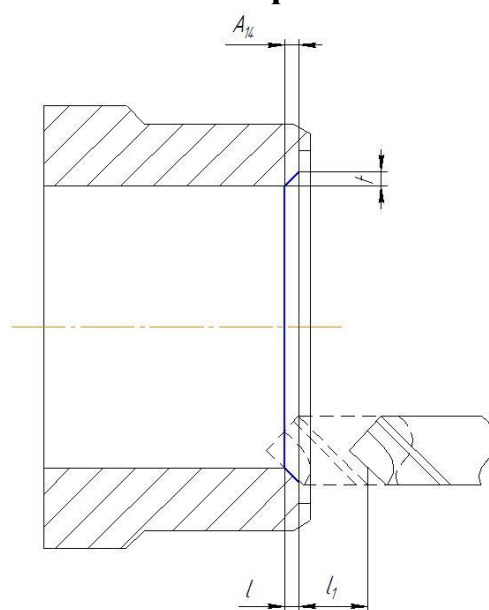
Точение поверхности 2

Примем $l_1 = 3; l = 11$, тогда $L_{p6} = 14$;

$$T_{o6} = \frac{22}{250 \cdot 0,8} = 0,07.$$



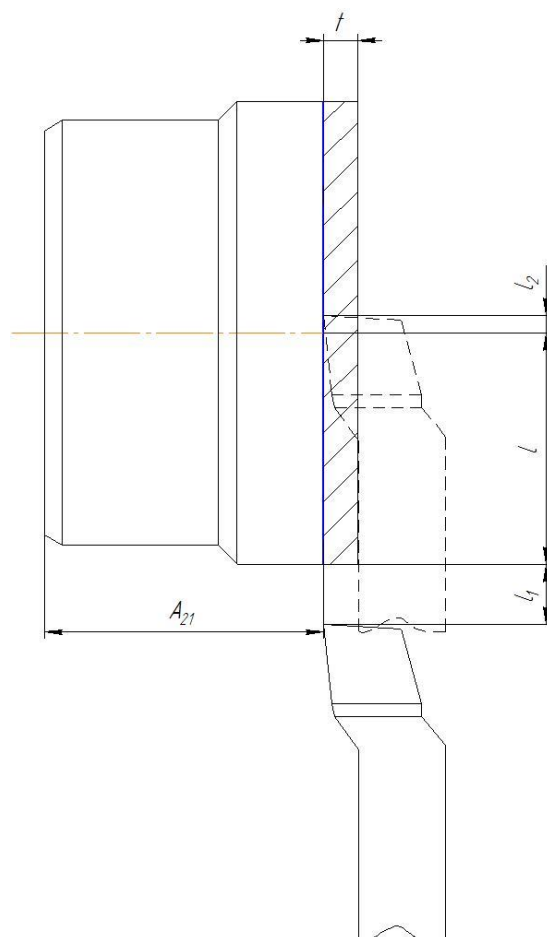
Точение фаски 2



Примем $l_1 = 1,5$; $l = 3$, тогда $L_{p7} = 4,5$;

$$T_{o7} = \frac{4,5}{250 \cdot 0,8} = 0,0225.$$

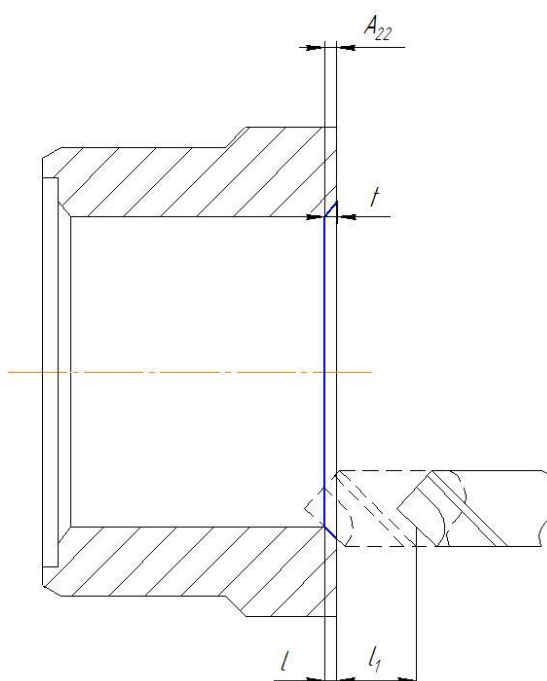
Подрезка торца 2



Примем $l_1 = 5; l_2 = 1; l = 30$, тогда $L_{p8} = 36$;

$$T_{o8} = \frac{44}{250 \cdot 08} = 0,22.$$

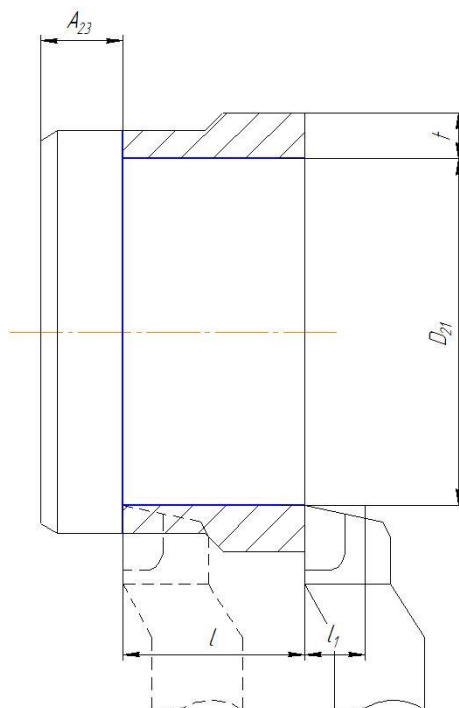
Точение фаски 3



Примем $l_1 = 3; l = 1,5$, тогда $L_{p9} = 4,5$;

$$T_{o9} = \frac{4,5}{250 \cdot 0,8} = 0,0225.$$

Точение поверхности 3



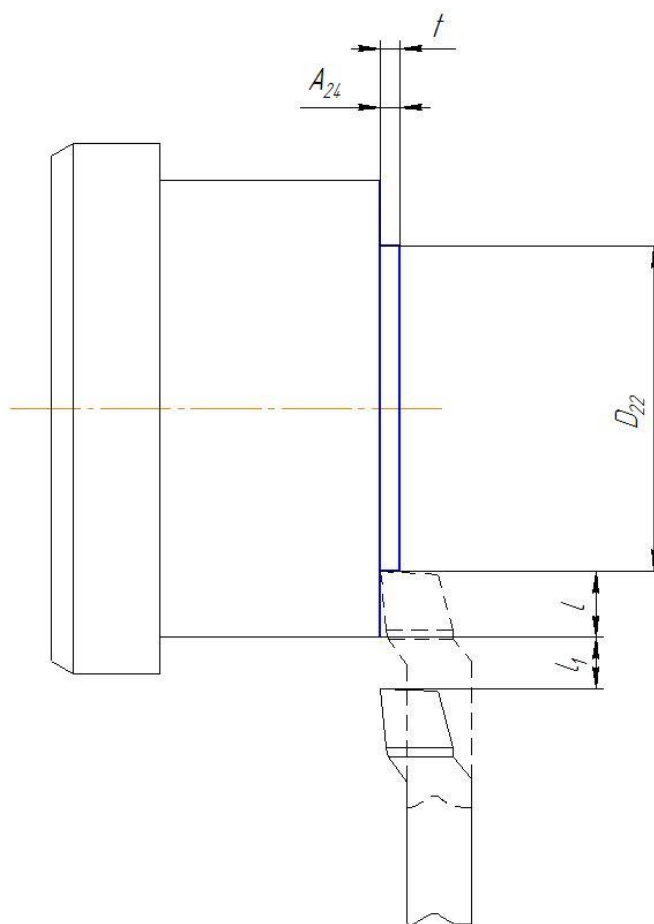
Примем $l_1 = 4; l = 22$, тогда $L_{p10} = 26$;

$$T_{o10} = \frac{26}{250 \cdot 0,8} \cdot 5 = 0,65.$$

Точение поверхности 4

Примем $l_1 = 3; l = 10$, тогда $L_{p11} = 13$;

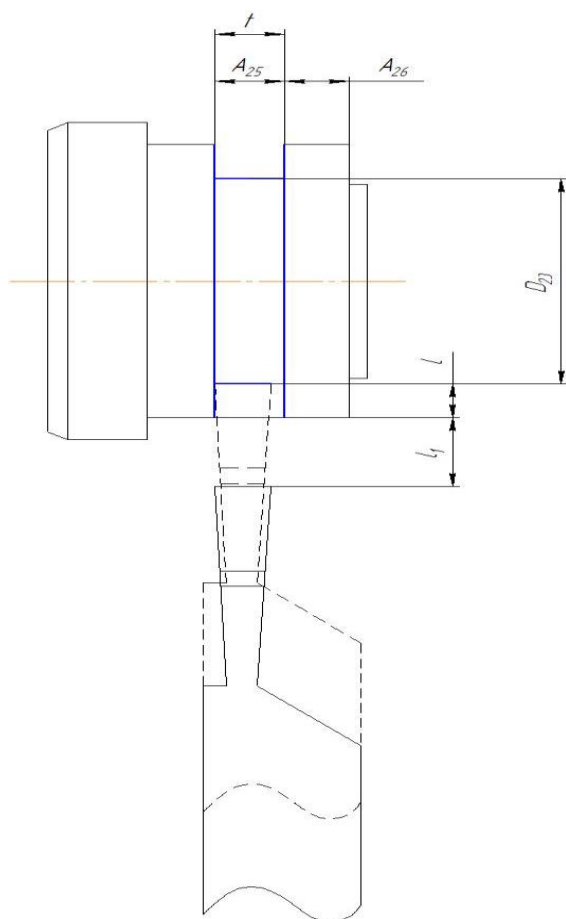
$$T_{o11} = \frac{13}{315 \cdot 0,8} = 0,05.$$



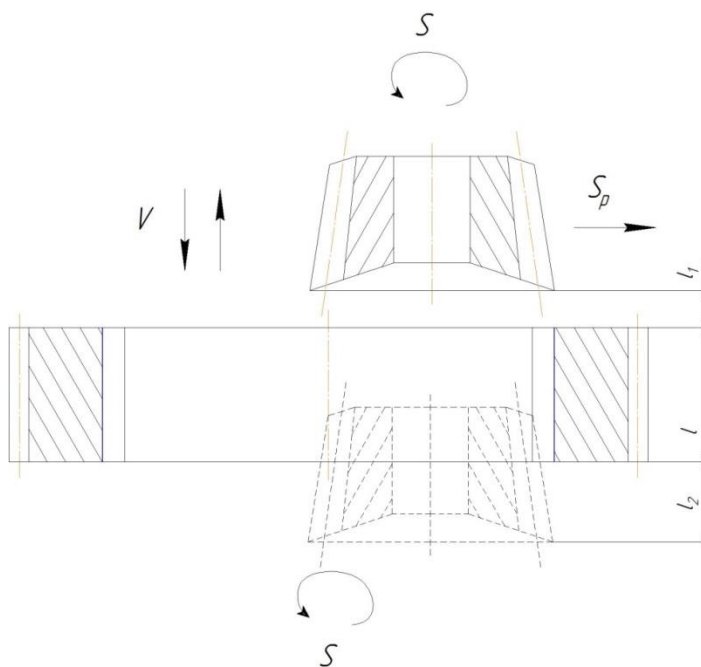
Точение канавки 1

Примем $l_1 = 3$; $l = 6,5$, тогда $L_{p12} = 9,5$;

$$T_{o12} = \frac{9,5}{125 \cdot 0,2} \cdot 2 = 0,76.$$



Долбление внутренних шлицев



$l_1 = l_2 = 4$ мм, для долбления при ширине венца до 51 мм.

$$L_{p13} = 33 + 4 + 4 = 41 \text{ мм};$$

$$K_p = \frac{1000 \cdot 7,68}{2 \cdot 41} = 94,8 \text{ мм/дв. ход};$$

Принимаем по паспорту станка $K_d = 200$

$$T_0 = \frac{3,14 \cdot 2 \cdot 38}{200 \cdot 0,4} + \frac{2}{200 \cdot 0,036} = 3,26 \text{ мин.}$$

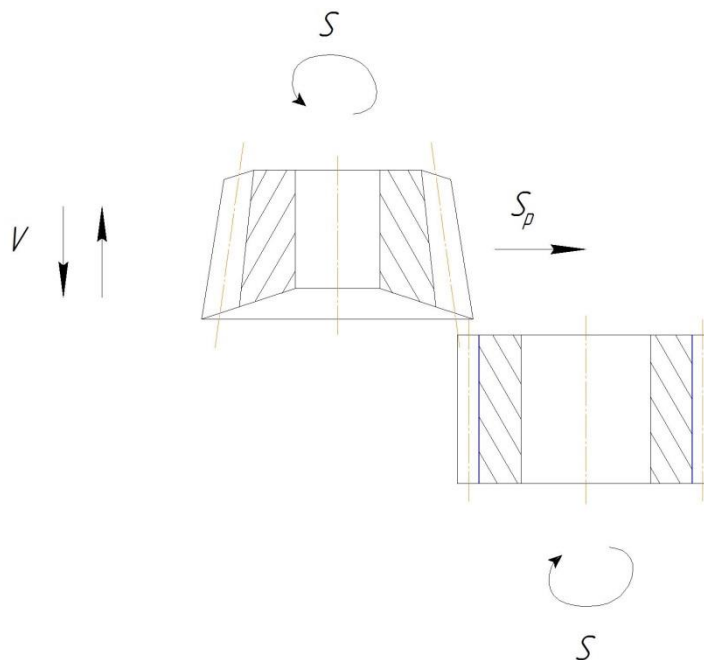
Долбление наружных шлицев

$l_1 = l_2 = 4$ мм, для долбления при ширине венца до 51 мм.

$$L_{p13} = 11 + 4 + 4 = 19 \text{ мм;}$$

$$K_p = \frac{1000 \cdot 5,77}{2 \cdot 19} = 151 \text{ мм/дв. ход;}$$

Принимаем по паспорту станка $K_d = 200$



$$T_0 = \frac{3,14 \cdot 3,5 \cdot 34}{200 \cdot 0,4} + \frac{3,2}{200 \cdot 0,036} = 5,12 \text{ мин.}$$

1.11.2 Расчет вспомогательного времени

1. Заготовительная:

Установка и снятие заготовки из трехкулачкового патрона, установка и снятие резца: $t_{всп1} = 0,29 + 0,12 = 0,41$ мин.

2. Токарная:

Установка и снятие заготовки из трехкулачкового патрона, установка и снятие резца: $t_{всп2} = 0,29 + 0,12 = 0,41$ мин.

3. Токарная:

Установка и снятие заготовки из трехкулачкового патрона, установка и снятие резца: $t_{всп3} = 0,29 + 0,12 = 0,41$ мин.

4. Долбежная:

Установка и снятие заготовки из трехкулачкового патрона:

$$t_{всп4} = 0,2 \text{ мин.}$$

5. Долбежная:

Установка и снятие заготовки из шлицевой призмы:

$$t_{всп5} = 0,19 \text{ мин.}$$

1.11.3 Определение штучно-калькуляционного времени

Штучно-калькуляционное время операции определяется как:

$$t_{шт.к.} = t_{шт.} + \frac{t_{пз}}{n},$$

где $t_{шт.}$ - штучное время, мин; $t_{пз}$ - подготовительно заключительное время, мин; n - число деталей в партии, шт.

Число деталей в партии для мелкосерийного производства определим как:

$$n = \frac{N}{k},$$

где N – годовая программа выпуска, шт;

k – расчетный коэффициент, для среднесерийного производства принимаем $k = 4,6$.

$$n = \frac{N}{k} = \frac{5000}{4,6} = 1087 \text{ шт.}$$

В свою очередь штучное время определим как:

$$t_{шт.} = t_{осн} + t_{всп} + t_{оо} + t_{то} + t_{пер},$$

где $t_{оо}$ - время на организационное обслуживание, мин;

$t_{то}$ – время на техническое обслуживание, мин;

$t_{пер}$ – время перерывов, мин.

Под временем на техническое обслуживание понимается в первую очередь на подналадку станка и смену затупившегося инструмента, а так же на уборку стружки.

Время на организационное обслуживание расходуется на пуск и тестирование станков в начале смены, уборку и смазку станков в конце смены.

Время перерывов, организационного и технического обслуживания обычно принимается в процентном отношении к оперативному времени. Для среднесерийного производства эта величина составляет 3..5%.

В таком случае формула расчета штучного времени принимает вид:

$$t_{шт.} = t_{он} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100\%} \right) + t_{он},$$

здесь α - процент времени на техническое обслуживание;

β - процент времени на организационное обслуживание;

γ - процент времени перерывов.

Принимаем время перерывов: $\gamma = 3\%$, время на организационное и техническое обслуживание $\alpha = \beta = 5\%$

Оперативное время рассчитывают по формуле:

$$t_{on} = \sum t_o + t_{всп},$$

Найдем оперативное время для каждой операции:

$$t_{on}^I = \sum t_{o1} + t_{всп1} = 1,52 + 0,41 = 1,93 \text{ мин};$$

$$t_{on}^{II} = \sum t_{o2} + t_{всп2} = 1,56 + 0,41 = 1,97 \text{ мин};$$

$$t_{on}^{III} = \sum t_{o3} + t_{всп3} = 1,7 + 0,41 = 2,11 \text{ мин};$$

$$t_{on}^{IV} = \sum t_{o4} + t_{всп4} = 3,26 + 0,2 = 3,46 \text{ мин};$$

$$t_{on}^V = \sum t_{o5} + t_{всп5} = 5,12 + 0,19 = 5,31 \text{ мин}.$$

Тогда штучное время определим как:

$$t_{шт.}^I = t_{on}^I \cdot \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100\%} \right) + t_{on}^I = 1,93 \cdot \left(\frac{5 + 5 + 3}{100\%} \right) + 1,93 = 2,18 \text{ мин};$$

$$t_{шт.}^{II} = t_{on}^{II} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100\%} \right) + t_{on}^{II} = 1,97 \cdot \left(\frac{5 + 5 + 3}{100\%} \right) + 1,97 = 2,23 \text{ мин};$$

$$t_{шт.}^{III} = t_{on}^{III} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100\%} \right) + t_{on}^{III} = 2,11 \cdot \left(\frac{5 + 5 + 3}{100\%} \right) + 2,11 = 2,39 \text{ мин};$$

$$t_{шт.}^{IV} = t_{on}^{IV} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100\%} \right) + t_{on}^{IV} = 3,46 \cdot \left(\frac{5 + 5 + 3}{100\%} \right) + 3,46 = 3,91 \text{ мин};$$

$$t_{шт.}^V = t_{on}^V \cdot \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100\%} \right) + t_{on}^V = 5,31 \cdot \left(\frac{5 + 5 + 3}{100\%} \right) + 5,31 = 6 \text{ мин}.$$

Величину подготовительно-заключительного времени для каждой операции определяем на основании рекомендаций:

$$t_{нз}^I = 12 \text{ мин};$$

$$t_{нз}^{II} = 12 \text{ мин};$$

$$t_{нз}^{III} = 12 \text{ мин};$$

$$t_{нз}^{IV} = 5 \text{ мин};$$

$$t_{нз}^V = 10 \text{ мин}.$$

Тогда величину штучно-калькуляционного времени определим как:

$$t_{шт.к.}^I = t_{шт.}^I + \frac{t_{нз}^I}{n} = 2,18 + \frac{12}{1087} = 2,19 \text{ мин};$$

$$t_{шт.к.}^{II} = t_{шт.}^{II} + \frac{t_{нз}^{II}}{n} = 2,23 + \frac{12}{1087} = 2,24 \text{ мин};$$

$$t_{шт.к.}^{III} = t_{шт.}^{III} + \frac{t_{нз}^{III}}{n} = 2,39 + \frac{12}{1087} = 2,40 \text{ мин};$$

$$t_{шт.к.}^{IV} = t_{шт.}^{IV} + \frac{t_{нз}^{IV}}{n} = 3,91 + \frac{5}{1087} = 3,915 \text{ мин};$$

$$t_{um.к.}^V = t_{um.}^V + \frac{t_{n3}^V}{n} = 6 + \frac{10}{1087} = 6,01 \text{ мин.}$$

2 Конструкторская часть

2.1 Описание работы приспособления

Специальное приспособление разработано для долбления наружных шлицев диаметром $\varnothing 119,3$ мм на долбежном станке 5122 (Приложение 2).

Сборка приспособления производится следующим образом: в трехкулачковый патрон хвостовиком устанавливается оправка, затем муфту надевают на рабочую часть оправки, прижимают шайбой и затягивают болтом.

2.2 Определение величины радиального зазора

Величина радиального зазора определяется по формуле:

$$\Delta_{\text{gap}} = \sqrt{e^2 - e_{\text{оп}}^2} - 0,5 \cdot (\Delta D_z + \Delta d_{\text{оп}} + \delta_{\text{изн}}), \text{ где}$$

где e - допускаемая несоосность поверхностей вращения обработанной детали; $e_{\text{оп}}$ - отклонение от соосности рабочей шейки оправки и тех ее поверхностей, которые служат для установки на станок; ΔD_z - поле допуска на диаметр заготовки; $\Delta d_{\text{оп}}$ - поле допуска на диаметр рабочей шейки оправки; $\delta_{\text{изн}}$ - допуск на износ рабочей шейки оправки рекомендуется 0,01...0,02 мм.

$$\Delta_{\text{gap}} = \sqrt{0,05^2 - 0,016^2} - 0,5 \cdot (0,019 + 0,059 + 0,015) = 0,01$$

2.3 Определение силы зажима и давления

Проворачивание заготовки на оправке ограничивают затягиванием гайки, шпонкой или шлицами (в данном случае).

Давление p (МПа) в сопряжении заготовка – оправка, необходимое для надежного закрепления заготовки, находящейся под действием момента M (Н·мм) и силы P (Н) обработки, определяют по формуле:

$$p = \frac{K}{f\pi D l} \cdot \sqrt{P}, \text{ где}$$

где K – коэффициент запаса; $f = 0,16$ – коэффициент трения между поверхностями заготовки и оправки; D – внутренний диаметр заготовки, мм; l – длина рабочей части оправки, мм;

$$P = 2P_z \cdot \frac{D_1}{D_{\text{ш}} + d}, \text{ где}$$

P – сила необходимая чтобы преодолеть силу реания P_z ,

D_1 – диаметр заготовки, $D_{\text{ш}}$ – диаметр шайбы, d – диаметр оправки.

$$P = 2 \cdot 1080 \cdot \frac{119,3}{98 + 80} = 1447 \text{ Н};$$

$$p = \frac{2}{0,16 \cdot 3,14 \cdot 76 \cdot 30,5} \cdot \sqrt{1447} = 0,65 \text{ МПа.}$$

3 Экономическая часть

Цель раздела – расчет себестоимости и цены изделия, изготавливаемого согласно разработанному технологическому процессу в типовых производственных условиях. Все расчеты раздела ведем согласно методическим указаниям [8].

3.1 Общие положения

Себестоимость продукции представляет собой интегральную стоимостную оценку используемых при ее изготовлении сырья, материалов, топлива, энергии, трудовых и природных ресурсов, основных средств (оборудование, производственные площади, сооружения), нематериальных активов, а также других затрат на ее производство и реализацию.

При расчете себестоимости используется группировка затрат по статьям калькуляции. Помимо решения комплекса задач технико-экономического анализа и планирования работы предприятия, калькуляция себестоимости единицы продукции необходима для расчета цены и рентабельности продукции. Объектом калькулирования при выполнении ВРК является деталь, изготавливаемая серийно или на однопредметной поточной линии, т. е. в условиях массового производства.

Для промышленных предприятий рекомендуется следующая группировка калькуляционных статей:

1. Сырье и материалы;
2. Покупные комплектующие изделия, полуфабрикаты и услуги производственного характера; (не учитывается, т.к. полуфабрикаты отсутствуют);
3. Возвратные отходы (вычитаются);
4. Топливо и энергия на технологические цели;
5. Основная заработная плата производственных рабочих;
6. Дополнительная заработная плата производственных рабочих;
7. Налоги, отчисления в бюджет и внебюджетные фонды;
8. Расходы на подготовку и освоение производства;
9. Погашение стоимости инструментов и приспособлений целевого назначения;
10. Расходы по содержанию и эксплуатации машин и оборудования;
11. Общецеховые расходы;

12. Технологические потери;
13. Общехозяйственные расходы;
14. Потери от брака;
15. Прочие производственные расходы;
16. Расходы на реализацию.

В зависимости от полноты охвата данных статей на предприятии рассчитываются следующие виды себестоимости:

- цеховая, включающая статьи с 1-й по 12-ю;
- производственная, включающая статьи с 1-й по 15-ю, т.е. исчисляемая как цеховая с добавлением ряда статей, учитывающих затраты, носящие общезаводской характер;
- полная, включающая все 16 статей.
- При выполнении ВКР следует опустить статьи:
 - расходы на подготовку и освоение производства, т.к. задание на ВКР не предполагает подготовку нового вида продукции;
 - технологические потери, т.к. они не характерны для разрабатываемых процессов;
 - потери от брака, т.к. они не учитываются в плановых и нормативных калькуляциях;
 - прочие производственные расходы, т.к. они связаны со спецификой производства на конкретных предприятиях.

3.2 Расчет затрат по статье «Сырье и материалы»

Статья включает стоимость основных материалов, входящих непосредственно в состав изготавливаемого изделия (детали), а также вспомогательных материалов, используемых на технологические цели. Стоимость материалов определяется по нормам их расхода и ценам приобретения с учетом наценок и надбавок на единицу материала в натуральном выражении. Транспортно-заготовительные расходы прибавляются к стоимости сырья, материалов, а также покупных изделий, полуфабрикатов и топлива.

Затраты на основные материалы для каждого (i -го) вида в отдельности рассчитываются по формуле:

$$C_{\text{мо}i} = w_i \cdot \Pi_{\text{ми}} \cdot (1 + k_{\text{тз}})$$

где w_i – норма расхода материала i -го вида на изделие (деталь), кг/ед;

$\Pi_{\text{ми}}$ – цена материала i -го вида, ден. ед./кг., $i = 1$;

$k_{\text{тз}}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов ($k_{\text{тз}} = 0,06$).

Цена материалов C_i принимается на основе прейскурантной (оптовой) цены, см. прил. 1 [14].

Расчет нормы расходного материала

$$w = 2,6 \text{ кг},$$

Примем цену материала $C_{mi} = 47 \frac{\text{руб}}{\text{кг}}$, с учетом НДС;

Тогда затраты на основной материал будут равны:

$$C_{moi} = 2,6 \cdot 47 \cdot (1 + 0,06) = 129,532 \text{ руб},$$

Расчет затрат на вспомогательные материалы каждого (j -го) вида C_{mbj} выполняется по формуле:

$$C_{mbi} = H_{mbi} \cdot C_{mbi} \cdot (1 + k_{тз}),$$

где H_{mbj} – норма расхода j -го вспомогательного материала на изделие (деталь), кг;

C_{mbj} – цена j -го вспомогательного материала, ден. ед./кг.

При отсутствии данных для расчета по формуле можно приближенно принять:

$$C_{mb} = C_{mo} \cdot 0,02 = 129,532 \cdot 0,02 = 2,591 \text{ руб},$$

Полные затраты, включаемые в данную статью, равны сумме:

$$C_m = C_{mo} + C_{mb} = 129,532 + 2,591 = 132,123 \text{ руб}.$$

3.3 Расчет затрат по статье «Покупные комплектующие и полуфабрикаты»

Данная статья не применяется для калькулирования. Разработанный технологический процесс не предусматривает приобретение полуфабрикатов.

3.4 Расчет затрат по статье «Возвратные отходы»

Данная статья включает стоимость отходов по цене их реализации на сторону, данная величина исключается из производственной себестоимости продукции. Расчет выполняется по формуле

$$C_{от} = M_{от} \cdot C_{от} = (B_{чр} - B_{чст}) \cdot (1 - \beta) \cdot C_{от},$$

где $M_{от}$ – количество отходов в физических единицах, получаемых при изготовлении единицы продукции, кг;

$C_{от}$ – цена отходов, руб. Значения взяты из [17] $C_{от} = 6,7 \frac{\text{руб}}{\text{кг}}$;

$B_{чр}$ – масса заготовки, кг; $B_{чст}$ – чистая масса детали, кг; β – доля безвозвратных потерь (принять 0,02),

И равно:

$$C_{от} = (2,6 - 0,957) \cdot (1 - 0,02) \cdot 6,7 = 10,788 \text{ руб},$$

3.5 Расчет затрат по статье «Топливо и энергия на технологические цели»

На данную статью относится стоимость электроэнергии, затариваемой на технологические цели.

Расчет ведется по формуле:

$$C_{\text{тэ}} = \text{Ц}_{\text{тэ}} \cdot P_{\text{тэ}} \cdot (1 + k_{\text{тэ}}),$$

где $\text{Ц}_{\text{тэ}}$ – тариф единицы ресурса, руб; $P_{\text{тэ}}$ – расход энергии на единицу продукции, кВт; $k_{\text{тэ}}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов ($k_{\text{тэ}}=0$);

Для электроэнергии при термической обработке изделий:

$$P_{\text{тэ}} = N_{\text{эл.ср}} \cdot t_{\text{терм.о}} \cdot K_{\text{п}}, \text{ кВт.ч.},$$

где $t_{\text{терм.о.}}$ – время процесса обработки, час.; $N_{\text{эл.ср.}}$ – средняя потребляемая при этом мощность, кВт.; $K_{\text{п}}$ – коэффициент, учитывающий потери мощности в сети (1,05); для электроэнергии $k_{\text{тэ}}=0$.

$$P_{\text{тэ}} = 15 \cdot 8,438 \cdot 1,05 = 132,89, \text{ кВт. ч.}$$

Тариф на электроэнергию взят на сайте $\text{Ц}_{\text{тэ}} = 5,33 \text{ руб/кВтч}$;

Тогда

$$C_{\text{тэ}} = 5,33 \cdot 132,89 \cdot (1 + 0) = 708,304 \text{ руб},$$

3.6 Расчет затрат по статье «Основная заработная плата производственных рабочих»

В данную статью включаются затраты на оплату труда рабочих, непосредственно связанных с изготовлением продукции. Расчет следует произвести по формуле:

$$C_{\text{озп}} = \sum_{i=1}^{K_0} \frac{t_i^{\text{шт.к}}}{60} \cdot \text{ЧТС}_i \cdot k_{\text{пр}},$$

где $t_i^{\text{шт.к}}$ – штучное время выполнения i -й операции, мин; K_0 – количество операций в процессе; ЧТС_i – часовая тарифная ставка на i -й операции из таблицы, для 4го разряда, $k_{\text{пр}}$ – коэффициент, учитывающий доплаты, выплаты и премии, предусмотренные законодательством о труде. При проектировании следует принять его равным 1,4.

$$C_{\text{озп}} = \frac{2,18+2,23+2,39+3,91+6}{60} \cdot 82,96 \cdot 1,4 = 32,35 \text{ руб},$$

3.7 Расчет затрат по статье «Дополнительная заработная плата производственных рабочих»

В данной статье учитываются предусмотренные законодательством о труде выплаты за непроработанное на производстве время: оплата очередных, дополнительных и учебных отпусков; оплата времени, связанного с прохождением медицинских осмотров и выполнением государственных

обязанностей и т.п. Расчет дополнительной зарплаты выполняется по формуле

$$C_{\text{дзп}} = C_{\text{озп}} \cdot k_{\text{д}},$$

где $C_{\text{озп}}$ – основная зарплата, руб.;

$k_{\text{д}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату. При проектировании следует принять его равным 0,1.

$$C_{\text{дзп}} = 32,35 \cdot 0,1 = 3,24 \text{ руб.},$$

3.8 Расчет затрат по статье «Налоги, отчисления в бюджет и внебюджетные фонды»

Сюда включаются отчисления по установленным законодательством нормам в пенсионный фонд, в фонд социальной защиты населения, на обязательное медицинское страхование, на другие социальные нужды. Затраты по данной статье выполняются по формуле

$$C_{\text{н}} = (C_{\text{озп}} + C_{\text{дзп}}) \cdot (C_{\text{с.н.}} + C_{\text{стр}})/100,$$

где $C_{\text{озп}}$ – основная зарплата производственных рабочих, руб.;

$C_{\text{дзп}}$ – дополнительная зарплата производственных рабочих, руб.;

$C_{\text{с.н.}}$ – ставка социального налога (принять 30 %);

$C_{\text{стр}}$ – ставка страховых взносов по прочим видам обязательного страхования (принять 0,7%);

$$C_{\text{н}} = (32,35 + 3,24) \cdot (30 + 0,7)/100 = 10,93 \text{ руб.},$$

3.9 Расчет затрат по статье «Погашение стоимости инструментов и приспособлений целевого назначения»

В данной статье отражается переносимая на изделие в процессе его изготовления стоимость специальных инструментов и приспособлений, а также моделей, кокилей, опок, штампов и пресс-форм, предназначенных для производства строго определенных изделий. Расчет выполняется по специальной упрощенной методике. При выполнении ВКР эта статья рассчитывается только в том случае, если разрабатываемый технологический процесс предусматривает изготовление специальной оснастки. Затраты на оснастку общего назначения принято относить на следующую статью калькуляции.

3.10 Расчет затрат по статье «Расходы по содержанию и эксплуатации машин и оборудования»

Эта статья является комплексной и включает следующие виды расходов:

- а.** амортизация оборудования и ценного инструмента (оснастки), обозначение $C_{\text{а}}$;

- б.** эксплуатация оборудования (кроме расходов на ремонт);
- с.** ремонт оборудования;
- д.** внутризаводское перемещение грузов;
- е.** погашение стоимости инструментов и приспособлений общего назначения;
- ф.** прочие расходы.

Элемент «а» Амортизация оборудования определяется на основе норм амортизации и балансовой стоимости соответствующего оборудования, для расчета ее годовой величины используется следующая формула

$$A_{\text{год}} = \sum_{i=1}^T \Phi_i \cdot H_{ai} + \sum_{j=1}^m \Phi_j \cdot H_{aj},$$

где Φ_i – первоначальная (балансовая) стоимость единицы оборудования i -го типа, $i = 1, \dots, T$; T – количество типов используемого оборудования;

Φ_j – то же для j -го типа оснастки $j=1, \dots, m$; m – количество типов используемой оснастки; $H_{обi}$ и $H_{оснj}$ – соответствующие нормы амортизации.

$$\Phi_{16к20} = 1199 \text{ т.руб};$$

$$\Phi_{5122} = 150 \text{ т.руб};$$

$$\Phi_{\text{Зх.кул.патр.}} = 23\,500 \text{ руб};$$

$$\Phi_{\text{Зх.кул.патр.}} = 23\,500 \text{ руб};$$

$$\Phi_{\text{печь}} = 300\,000 \text{ руб}$$

Норма амортизации в общем виде определяется по формуле

$$H_a = \frac{1}{T_{\text{ти}}}$$

где $T_{\text{пи}}$ – срок полезного использования, лет.

$$H_{a.16к20} = H_{5122} = H_{a.печи} = \frac{1}{10} = 0,1$$

$$H_{a.Зх.кул.патр.} = H_{\text{тиски станочн}} = \frac{1}{3} = 0,33$$

$$A_{\text{год}} = (1199000 + 150000 + 300000) \cdot 0,1 + 0,33 \cdot (23500 + 23500) = 180410 \text{руб},$$

Ожидаемая средняя загрузка используемого оборудования определяется с помощью величины:

$$l_{\text{кр}} = \frac{N_{\text{в}} \sum_{i=1}^P t_i^{\text{шт.к}}}{\sum_{i=1}^P F_i},$$

где $N_{\text{в}}$ – годовой объем выпуска изделия (детали), шт.; P – количество операций в технологическом процессе; $t_i^{\text{шт.к}}$ – штучно-калькуляционное время на i -й операции процесса, $i = 1, \dots, P$; F_i – действительный годовой

фонд времени работы оборудования, используемого на i -й операции с учетом принятого количества рабочих смен.

Для металлорежущих станков 1–30 категорий ремонтной сложности при односменном режиме работы $F_i = 2070$.

$$l_{кр} = \frac{5000 \cdot \frac{2,19 + 2,24 + 2,4 + 3,915 + 6,01}{60}}{2070} = 0,67.$$

Так как, получившиеся $l_{кр} \geq 0,6$, то

$$C_a = \frac{A_{год}}{N_B} = \frac{180410}{5000} = 36,082$$

Элемент «б» (эксплуатация оборудования) включает в себя:

- полные затраты на содержание (основная зарплата + дополнительная зарплата + все виды отчислений) рабочих занятых обслуживанием машин и оборудования (слесарей, наладчиков, электромонтеров и др. категорий), непосредственно не занятых изготовлением продукции; Принимается в размере 40 % от полной зарплате и отчислений от нее основных рабочих, занятых изготовлением данной продукции, т.е.

$$C_{экс} = (C_{озп} + C_{дзп} + C_n) \cdot 0,4 = \\ = (32,35 + 3,24 + 10,98) \cdot 0,4 = 18,628 \text{руб},$$

- стоимость материалов, расходуемых для обеспечения работы оборудования, принимается в размере 20% от величины амортизации, т.е.

$$C_{мэкс} = C_a \cdot 0,2 = 36,082 \cdot 0,2 = 7,22 \text{руб},$$

- В ВКР не учитываются затраты на воду, учитываются только затраты на электроэнергию по формуле:

$$C_{эл.п} = C_э \cdot K_{п} \cdot \sum_{i=1}^P W_i \cdot K_{вi} \cdot t_i^{шт.к},$$

где $C_э$ – тариф на электроэнергию ден. ед. / кВт.ч.; $K_{п}$ – коэффициент, учитывающий потери мощности в сети (1,05); W_i – мощность электропривода оборудования, используемого на i -й операции; $K_{мi}$ – коэффициент загрузки оборудования по мощности (при невозможности определения с помощью расчета принимается равным 0,6–0,7); $K_{вi}$ – коэффициент загрузки электропривода оборудования по времени, применяется при невозможности непосредственно определить $t_i^{маш}$ и принимается равным 0,6 – 0,7 от $t_i^{шт.к}$.

$$W = 10 \cdot \frac{2,19}{60} + 10 \cdot \frac{2,24}{60} + 10 \cdot \frac{2,4}{60} + 3 \cdot \frac{3,915}{60} + 3 \cdot \frac{6,01}{60} =$$

$$= 1,63 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

$$C_{\text{эл.п}} = 5,33 \cdot 1,05 \cdot 1,63 \cdot 0,7 \cdot 16,755 \cdot 16,755 = 1792 \text{ руб,}$$

Элемент «с» (ремонт оборудования) включает затраты на заработную плату и отчисления от нее в бюджет и внебюджетные фонды для рабочих, занятых ремонтом оборудования; затраты на материалы, потребляемые в процессе выполнения ремонтных работ; услуги ремонтных цехов предприятия и сторонних организаций. Они определяются укрупнено на основе норматива затрат – 100% от основной зарплаты основных производственных рабочих, т.е.

$$C_{\text{рем}} = C_{\text{озп}} \cdot 1,0 = 32,35 \cdot 1,0 = 32,35 \text{ руб,}$$

Элемент «d» (перемещение грузов) включает расходы на содержание и эксплуатацию транспортных средств: стоимость горючего, запчастей, смазочных и прочих материалов, оплату труда занятых на транспортных операциях рабочих, стоимость транспортных услуг других подразделений предприятия и сторонних организаций. При выполнении ВКР эти затраты допускается не учитывать, т.к. это потребовало бы дополнительных данных о производственном процессе, а их доля в себестоимости как правило невелика (менее 1%).

Элемент «е» (погашение стоимости инструментов и приспособлений общего назначения), в эту группу включаются все виды технологического оснащения универсального характера со сроком службы менее одного года. Расчет производится по формуле

$$C_{\text{ион}} = \frac{(1 + k_{\text{тз}}) \cdot \sum_{i=1}^P C_{\text{и}} \cdot t_{\text{рез.и}} \cdot m_i}{T_{\text{ст.и.}} \cdot n_i},$$

где $C_{\text{и}} -$ цена инструмента, используемого на i -й операции, $i = 1, \dots, P$;

$t_{\text{рез.и}} -$ время работы инструмента, применяемого на i -й операции, мин.;

$m_i -$ количество одновременно используемых инструментов, ($m_i=1$);

$T_{\text{ст.и.и}} -$ период стойкости инструмента (время резания между переточками), мин., (см. прил. 5);

$n_i -$ возможное количество переточек (правок) инструмента, для отогнутых резцов 4;

$k_{\text{тз}} -$ коэффициент транспортно-заготовительных расходов ($k_{\text{тз}}=0,06$).

Таблица

Наименование инструмента	Время работы, мин	Стойкость, мин	Цена, руб	$\frac{C_{\text{и}} \cdot t_{\text{рез.и}} \cdot m_i}{T_{\text{ст.и.}} \cdot n_i}$
Резец отрезной	2,28	60	869	8,26

Резец подрезной отогнутый	0,57	60	43 2	1,03
Резец проходной прямой	0,135	60	41 6	0,234
Резец проходной отогнутый	0,45	60	46 6	0,87
Резец расточной	0,7	60	18 2	0,53
Резец проходной упорный	0,65	60	46 8	1,27
Долбяк дисковый зубонарезной, м 3,5	3,26	420	43 40	16,84
Долбяк дисковый зубонарезной, м 2	5,12	420	38 75	23,62

$$C_{\text{ион}} = (1 + 0,06) \cdot (8,26 + 1,03 + 0,234 + 0,87 + 0,53 + 1,27 + 16,84 + 23,62) = 55,81 \text{ руб.}$$

Элемент «f» (прочие расходы) включает такие затраты, которые не вошли в состав вышерассмотренных элементов. При выполнении ВКР они **не рассчитываются**.

3.11 Расчет затрат по статье «Общехововые расходы»

Данная статья учитывает затраты на содержание руководителей и специалистов аппарата управления цехом; амортизацию и затраты на содержание и ремонт зданий, сооружений и инвентаря общеховового назначения; затраты на мероприятия по обеспечению нормальных условий труда и техники безопасности и другие расходы цеха, связанные с управлением и обслуживанием производства. Общехововые расходы распределяются между выпускаемыми изделиями пропорционально основной зарплате производственных рабочих с помощью нормативного коэффициента $k_{\text{оп}}$, рассчитываемого отдельно по каждому цеху. При отсутствии конкретных заводских данных его следует принять равным 50 – 80 %, от основной зарплаты производственных рабочих, т.е.

$$C_{\text{оп}} = C_{\text{озп}} \cdot k_{\text{оп}} = 32,35 \cdot 0,8 = 25,88 \text{ руб.}$$

3.12 Расчет затрат по статье «Технологические потери»

К данной статье относится стоимость полуфабрикатов, деталей, сборочных единиц изделий, не соответствующих нормативной документации при условии, что это несоответствие возникает вследствие неполного знания

физических и химических процессов, несовершенства технологического оборудования и измерительной аппаратуры. Такие потери предусматриваются технологическим процессом. Они допускаются в электронном, оптико-механическом, литейном, кузнечном, термическом, гальваническом и некоторых других производствах. При выполнении ВКР статья не рассчитывается.

3.13 Расчет затрат по статье «Общехозяйственные расходы»

На данную статью относятся затраты по общему управлению предприятием, не связанные непосредственно с процессом производства и включающие в себя затраты на содержание административно-управленческого персонала; амортизационные отчисления и расходы на содержание и ремонт основных средств управленческого и общехозяйственного назначения (офисного оборудования, зданий и сооружений); расходы на отопление, освещение и оплату предприятия; плату за воду и землю и т.д. Расчет производится с помощью коэффициента $k_{\text{ох}}$, устанавливающего нормативное соотношение между величиной данных затрат и основной зарплатой производственных рабочих. Рекомендуемое значение $k_{\text{ох}} = 0,5$, т.е.

$$C_{\text{ох}} = C_{\text{озп}} \cdot k_{\text{ох}} = 32,35 \cdot 0,5 = 16,18 \text{руб},$$

3.14 Расчет затрат по статье «Потери брака»

Статья учитывает стоимость окончательно забракованной продукции, а также затраты по исправлению брака, она учитывается только в отчетных калькуляциях. В ВКР эти затраты не рассчитываются.

3.15 Расчет затрат по статье «Прочие производственные расходы»

На данную статью относятся непредвиденные расходы, расходы на гарантийное обслуживание продукции и др. В ВКР эти затраты также не рассчитываются.

3.16 Расчет затрат по статье «Расходы на реализацию»

Статья включает затраты, связанные с реализацией изготовленной продукции: на хранение и упаковку на складах готовой продукции; на доставку продукции на станции и в порты отправления; на рекламу и сбытовую сеть; на комиссионные сборы посреднических организаций и пр.

Данные расходы рекомендуется принять равными 1% от производственной себестоимости, т.е. от суммы затрат по всем предыдущим статьям.

Производственная стоимость будет равна:

$$C_i = 708 + 10,788 + 132,123 + 2,591 + 129,532 + 16,18 + 25,88 + \\ + 55,81 + 32,35 + 7,22 + 18,628 + 36,082 + 10,93 + 1,633 + 32,35 + \\ + 1792 = 3012,1$$

Тогда,

$$C_{\text{рлз}} = \sum C_i \cdot 0.01 = 3012,1 \cdot 0,01 = 30,121 \text{ руб.}$$

3.17 Расчет прибыли

Прибыль от реализации изделия в зависимости от конкретной ситуации может определяться различными способами. Если исполнитель работы не располагает данными для применения «сложных» методов, то прибыль следует принять в размере 5÷20 % от полной себестоимости проекта.

$$П = \sum C_i \cdot 0.15 = 3012,1 \cdot 0,15 = 451,8 \text{руб,}$$

3.18 Расчет НДС

НДС составляет 18% от суммы полной себестоимости изделия и прибыли.

$$C_{\text{полн}} = C_i + C_{\text{рлз}} = 3012,1 + 30,121 = 3042,22 \text{руб,}$$

$$\text{НДС} = (C_{\text{полн}} + П) \cdot 0,18 = 3042,22 + 451,8 \cdot 0,18 = 628,93 \text{ руб,}$$

3.19 Цена изделия

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС.

$$\text{Цена} = C_{\text{полн}} + П + \text{НДС} = 3042,22 + 451,8 + 628,93 = 4122,95 \text{ руб.}$$

4 Социальная ответственность

В данном разделе будут рассматриваться вопросы, связанные с правилами эксплуатации помещения, техникой безопасности и охраной труда в лаборатории, как при возникновении опасной ситуации, так и при ЧС. А также будет проведен анализ вредных и опасных факторов и их воздействие на человека, что позволит определить средства индивидуальной и коллективной защиты, и решить вопросы обеспечения безопасности в целом, как для помещения, так и для организации в целом.

4.1 Производственная безопасность

На человека в процессе его трудовой деятельности могут воздействовать опасные (вызывающие травмы) и вредные (вызывающие заболевания) производственные факторы.

Вредный производственный фактор, в зависимости от интенсивности и продолжительности воздействия, может стать опасным.

Основными опасными факторами являются:

- Повышенная температура поверхности оборудования, материалов.
- Повышенные температуры могут вызвать ожоги различных степеней в зависимости от температуры поверхности.
- Движущиеся части машин и механизмов и сами машины, острые кромки предметов, нахождение на высоте, перегретые или переохлажденные поверхности, способные вызвать термический ожог.
- Разлет стружки при работе на станке. Разлет горячей стружки может привести к множественным ожогам.
- Опасность поражения электрическим током. Исходя из анализа состояния помещения, данное помещение по степени опасности поражения электрическим током можно отнести к классу помещений без повышенной опасности;

К основным вредным факторам можно отнести:

- превышение уровня шума;
- недостаточная освещенность;
- повышенный уровень вибраций;
- отклонение показателей микроклимата;
- повышенный уровень электромагнитных полей;

Превышение уровня шума

Шум - это беспорядочные колебания различной физической природы, отличающиеся сложностью временной и спектральной структуры. С

физиологической точки зрения шум — это всякий неблагоприятный воспринимаемый звук.

Длительное воздействие шума может привести к ухудшению слуха, а в отдельных случаях – к глухоте. Шумовое воздействие на рабочем месте неблагоприятно отражается на работающих и приводит к снижению внимания; увеличению расхода энергии при одинаковой физической нагрузке; замедлению скорости психических реакций и т.п.

Мероприятия по устранению вредного воздействия шума:

- Применение ограждающих конструкций зданий с требуемой звукоизоляцией
- Применение звукопоглощающих конструкций
- Выбор рациональных режимов работы оборудования, ограничение времени нахождения персонала в зоне эксплуатации агрегатов (машин) с повышенным уровнем шума (защита «временем»)
- Использование средств индивидуальной защиты органов слуха.

К средствам индивидуальной защиты органа слуха относятся противοшумные вкладыши, противοшумные наушники и шлемы. Эффективность СИЗ может быть обеспечена их правильным подбором в зависимости от уровней и спектра шума, а также контролем за правильной эксплуатацией.

Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности в дБА:

Категория напряженности	Категория тяжести трудового процесса				
	легкая физическая нагрузка	средняя физическая нагрузка	тяжелый труд 1 степени	тяжелый труд 2 степени	тяжелый труд 3 степени
Напряженность легкой степени	80	80	75	75	75
Напряженность средней степени	70	70	65	65	65
Напряженный труд 1	60	60	-	-	-

степени					
Напряженны й труд 2 степени	50	50	-	-	-

Недостаточная освещенность

При недостаточной освещенности производственных цехов промышленных предприятий у рабочих ухудшается зрение, уменьшается производительность труда и снижается качество выпускаемой продукции. Поэтому для промышленных предприятий разработаны и являются обязательными нормы минимальной освещенности. Величины освещенности по этим нормам зависят от характера производства, и они тем выше, чем большая точность требуется при выполнении технологических операций.

Необходимой мерой безопасности является освещение в соответствии с требованиями норм и правил СНиП 23-05-95 для общего освещения производственных помещений механических цехов рекомендуется применять преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ и ЛД со светильниками типа ОД или ПВЛ.

Для местного освещения при точных работах с блестящими металлическими поверхностями рекомендуется использовать люминесцентные лампы ЛД и ЛХБ.

Применение комбинированной системы освещения с использованием люминесцентных ламп типа ЛБ и ЛД позволяет решить проблему недостаточной освещенности.

Повышенный уровень вибраций

Вибрация — это механические колебания машин и механизмов, которые характеризуются такими параметрами, как частота, амплитуда, колебательная скорость, колебательное ускорение. Вибрацию порождают неуравновешенные силовые воздействия, возникающие при работе машин.

При изучении действия вибрации на организм человека нужно учитывать, что колебательные процессы присущи живому организму прежде всего потому, что они в нем постоянно протекают. Внутренние органы можно рассматривать как колебательные системы с упругими связями. Их собственные частоты лежат в диапазоне 3–6 Гц. При воздействии на человека внешних колебаний таких частот происходит возникновение резонансных явлений во внутренних органах, способных вызвать травмы, разрыв артерий,

летальный исход. Собственные частоты колебаний тела в положении лежа составляют 3–6 Гц, стоя — 5–12 Гц, грудной клетки — 5– 8 Гц. Воздействие на человека вибраций таких частот угнетает центральную нервную систему, вызывая чувство тревоги и страха.

Допустимые величины вибрации в производственных помещениях:

Амплитуда колебаний вибрации, мм	Частота вибрации, Гц	Скорость колебательных движений, см/с	Ускорение колебательных движений, см/с ²
0,6-0,4	До3	1,12-0,76	22-14
0,4-0,15	3-5	0,76-0,46	14-15
0,15-0,05	5-8	0,46-0,25	15-13
0,05-0,03	8-15	0,25-0,28	13-27
0,03-0,009	15-30	0,28-0,17	27-32
0,009-0,007	30-50	0,17-0,22	32-70
0,007-0,005	50-75	0,22-0,23	70-112
0,005-0,003	75-100	0,23-0,19	112-120
* 1,5-2	45-55	1,5-2,5	25-40

* При таких параметрах вибрации даже сверхпрочные клепочные конструкции до полного своего разрушения выдерживают не более 30 минут. К способам борьбы с вибрацией относятся снижение вибрации в источнике (улучшение конструкции машин, статическая и динамическая балансировка вращающихся частей машин), виброгашение (увеличение эффективной массы путем присоединения машины к фундаменту), виброизоляция (применение виброизоляторов пружинных, гидравлических, пневматических, резиновых и др.), вибродемпфирование (применение материалов с большим внутренним трением), применение индивидуальных средств защиты (виброзащитные обувь, перчатки со специальными упруго-демпфирующими элементами, поглощающими вибрацию).

Отклонение показателей микроклимата

Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений:

Период года	Категория работ по уровням энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22 - 24	21 - 25	60 - 40	0,1
	Iб (140 - 174)	21 - 23	20 - 24	60 - 40	0,1
	IIa (175 - 232)	19 - 21	18 - 22	60 - 40	0,2
	IIб (233 - 290)	17 - 19	16 - 20	60 - 40	0,2
	III (более 290)	16 - 18	15 - 19	60 - 40	0,3
Теплый	Ia (до 139)	23 - 25	22 - 26	60 - 40	0,1
	Iб (140 - 174)	22 - 24	21 - 25	60 - 40	0,1
	IIa (175 - 232)	20 - 22	19 - 23	60 - 40	0,2
	IIб (233 - 290)	19 - 21	18 - 22	60 - 40	0,2
	III (более 290)	18 - 20	17 - 21	60 - 40	0,3

Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

Допустимые величины показателей микроклимата устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины.

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах должны соответствовать значениям, приведенным в таблице применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый периоды года.

При обеспечении допустимых величин микроклимата на рабочих местах: перепад температуры воздуха по высоте должен быть не более 3° С; перепад температуры воздуха по горизонтали, а также ее изменения в течение смены не должны превышать:

- при категориях работ Ia и Ib – 4° С;
- при категориях работ IIa и IIб – 5° С;
- при категории работ III – 6° С.

При этом абсолютные значения температуры воздуха не должны выходить за пределы величин, указанных в таблице для отдельных категорий работ.

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений:

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более **
Холодный	Ia (до 139)	20,0 - 21,9	24,1 - 25,0	19,0-26,0	15 - 75 *	0,1	0,1
	Iб (140 - 174)	19,0 - 20,9	23,1 - 24,0	18,0-25,0	15 - 75	0,1	0,2
	IIa (175 - 232)	17,0 - 18,9	21,1 - 23,0	16,0-24,0	15 - 75	0,1	0,3
	IIб (233 - 290)	15,0 - 16,9	19,1 - 22,0	14,0-23,0	15 - 75	0,2	0,4
	III (более 290)	13,0 - 15,9	18,1 - 21,0	12,0-22,0	15 - 75	0,2	0,4
Теплый	Ia (до 139)	21,0 - 22,9	25,1 - 28,0	20,0-29,0	15 - 75 *	0,1	0,2
	Iб (140 - 174)	20,0 - 21,9	24,1 - 28,0	19,0-29,0	15 - 75 *	0,1	0,3
	IIa (175 - 232)	18,0 - 19,9	22,1 - 27,0	17,0-28,0	15 - 75 *	0,1	0,4
	IIб (233 - 290)	16,0 - 18,9	21,1 - 27,0	15,0-28,0	15 - 75 *	0,2	0,5
	III (более 290)	15,0 - 17,9	20,1 - 26,0	14,0-27,0	15 - 75 *	0,2	0,5

* При температурах воздуха 25° С и выше максимальные величины относительной влажности воздуха должны приниматься в соответствии со специальными требованиями.

** При температурах воздуха 26 - 28° С скорость движения воздуха в теплый период года должна приниматься в соответствии со специальными требованиями

Повышенный уровень электромагнитных полей

Предельно допустимые уровни напряженности электрической и магнитной составляющих в диапазоне частот 30 кГц - 300 МГц в зависимости от продолжительности воздействия

Продолжительность воздействия, Т, ч	Епду. В/м			Нпду. А/м	
	0,03-31 МГц	3-30 МГц	30-300 МГц	0,03-3 МГц	30-50 МГц
8.0 и более	50	30	10	5,00	0,30
7,5	52	31	10	5,01	0,31
7,0	53	32	11	5,32	0,32
6,5	55	33	11	5,53	0,33
6,0	58	34	12	5,84	0,34
5,5	60	36	12	6,06	0,36
5,0	63	37	13	6,38	0,38
4,5	67	39	13	6,70	0,40
4,0	71	42	14	7,12	0,42
3,5	76	45	15	7,65	0,45
3,0	82	48	16	8,29	0,49
2,5	89	52	18	8,94	0,54
2,0	100	59	20	10,00	0,60

1,5	115	68	23	11, 5	0,6 9
1,0	141	84	28	14, 2	0,8 5
0,5	200	11 8	40	20, 0	1,2 0
0,25	283	16 8	57	28, 3	1,7 0
0,125	400	23 6	80	40, 0	2,4 0
0,08 и менее	500	29 6	80	50, 0	3,0 0

Примечание: при продолжительности воздействия менее 0,08 часа дальнейшее повышение интенсивности воздействия не допускается.

Средства защиты

Основным средством защиты является спецодежда, которая защищает человека от попадания горячей стружки, расплавленных частиц металла, искр, поражения электрическим током и т.п.

4.2 Экологическая безопасность

Экологическая безопасность обеспечивает соответствие экологической деятельности организации нормативным требованиям при помощи разработанных мер, как организационного, так и технического характера, составляющих целый комплекс. Необходимо отметить, что конкурентоспособность предприятия во многом определяется с точки зрения природоохранной деятельности этой организации. Таким образом, внедрение экологических технологий помогает сберечь энергетические и прочие ресурсы, что в свою очередь влияет на рентабельность производства, продуктивность работы, привлекательность для иностранного капиталовложения.

Экологическая безопасность на предприятии – это целый комплекс мер, направленных на первом этапе на выявление негативных факторов, которые могут повлиять на здоровье или даже жизнь работников предприятия. Оценка экологической ситуации в настоящий момент может быть проведена путем экологического аудита.

4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

На основании рекомендаций определяем категорию помещения по пожароопасности по ППБ – 03. В данном случае помещение относится к категории Г - производства, связанного с процессом обработки негорючих веществ и материалов в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, который сопровождается выделением лучистой теплоты, искр и пламени.

Причиной возгорания могут быть следующие факторы:

- возгорание устройств искусственного освещения.
- возникновение короткого замыкания в электропроводке вследствие неисправности самой проводки или электросоединений и электrorаспределительных щитов;
- возгорание устройств вычислительной аппаратуры вследствие нарушения изоляции или неисправности самой аппаратуры;
- возгорание мебели или пола по причине нарушения правил пожарной безопасности, а также неправильного использования дополнительных бытовых электроприборов и электроустановок;

Пожарная профилактика основывается на исключении условий, необходимых для горения, и использования принципов обеспечения безопасности. При обеспечении пожарной безопасности решаются следующие задачи:

- возгорание;
- локализация возникших пожаров;
- защита людей и материальных ценностей;
- предотвращение пожаров;
- тушение пожара.

Пожаром называют неконтролируемое горение во времени и пространстве, наносящее материальный ущерб и создающее угрозу жизни и здоровью людей.

Предотвращение пожара достигается исключением образования горючей среды и источников зажигания, а также поддержанием параметров среды в пределах, исключающих горение.

Для профилактики возникновения пожаров необходимо проводить следующие пожарно-профилактические мероприятия:

- противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;

- обучение персонала правилам техники безопасности;
- издание инструкций, плакатов, планов эвакуации.

Так же необходимо предусмотреть наличие эвакуационных выходов для персонала. Число эвакуационных выходов из здания с каждого этажа должно быть не менее двух. Ширину эвакуационного выхода (двери) устанавливают в зависимости от общего количества людей, эвакуирующихся через этот выход, но не менее 0.8 м. Высота прохода на эвакуационных путях должна быть не менее 2 м.

4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

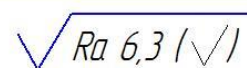
Безопасность труда — это состояние деятельности, при которой с определенной вероятностью исключено проявление опасностей, а уровень риска деятельности не превышает приемлемый уровень. Поэтому под безопасностью следует понимать комплексную систему мер защиты человека и среды его обитания от опасностей, формируемых конкретной деятельностью. Комплексную систему безопасности формируют нормативно-правовые, организационные, экономические, технические, санитарно-гигиенические и лечебно-профилактические меры.

Приемлемый (допустимый) риск — это такая минимальная величина риска, которая достижима по техническим, экономическим и технологическим возможностям. Таким образом, приемлемый риск представляет собой некоторый компромисс между уровнем безопасности и возможностями его достижения.

Обеспечение безопасности производственной деятельности требует последовательного решения следующих четырех задач:

- идентификация (выявление) опасностей и вредностей на каждом рабочем месте и в каждой технологической операции;
- исключение опасностей путем выбора менее опасных вариантов технологии и оборудования;
- защита от оставшихся опасностей и вредностей путем подбора наиболее эффективных средств коллективной и индивидуальной защиты, применения автоматизации и дистанционного управления;
- оценка возможных аварийных ситуаций, локализация и ликвидация опасностей и вредностей при авариях.

КОМПАС-3D V16 Учебная версия © 2015 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

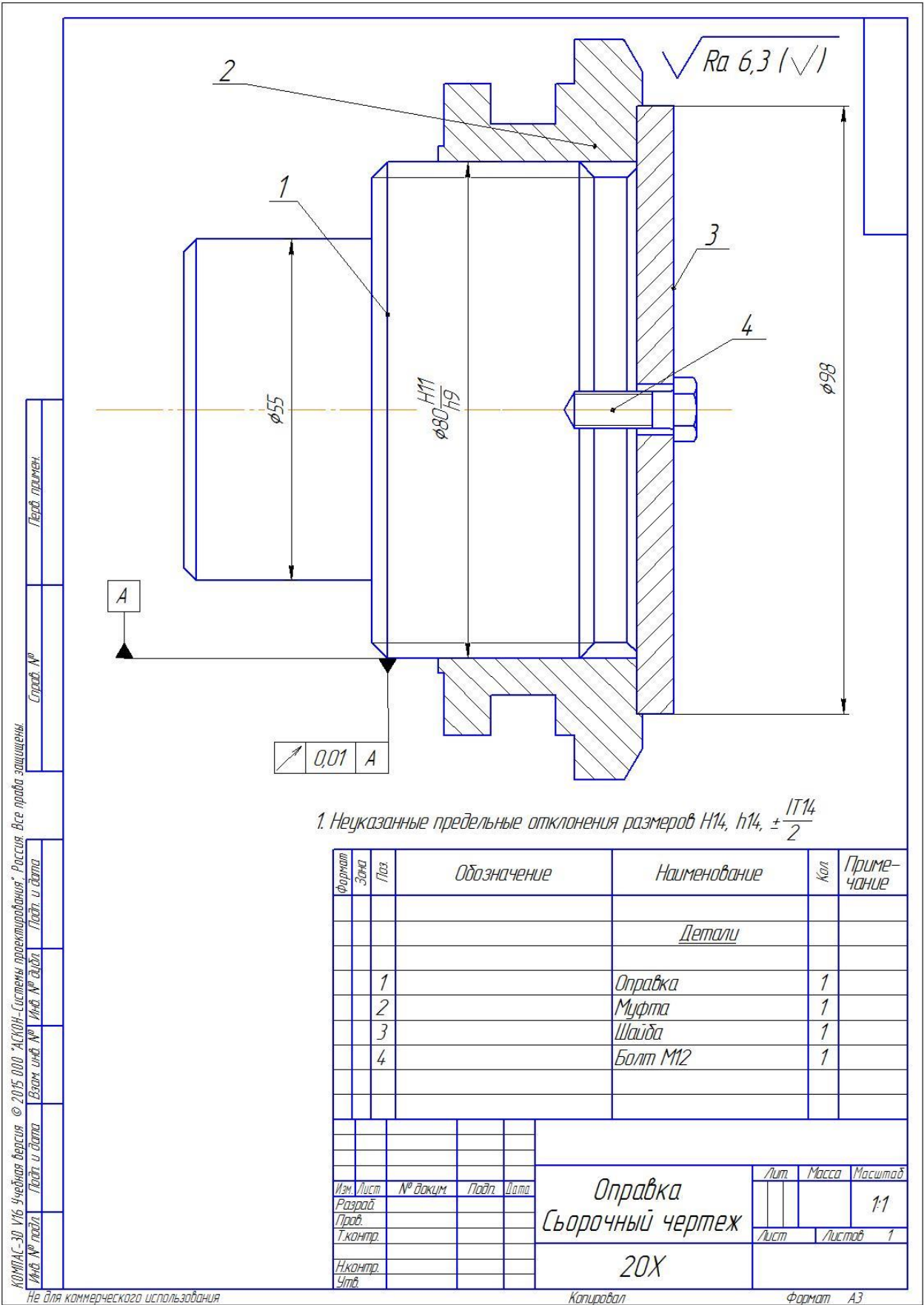


1. 38...42 HRC
2. H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$

Эвольвентные шлицы 120×3,5		
Модуль	m	3,5
Кол-во зубьев	z	34
Козф. смещения	x	-0,4071
Толщина зуба	e	$3,853^{+0,09}$
Длина общей нормали	W	$56,488^{+0,078}_{-0,029}$
Диаметр вершин	D_a	119,3h11
Диаметр впадин	D_f	112,9h14
Эвольвентные шлицы 80×2		
Модуль	m	2
Кол-во зубьев	z	38
Козф. смещения	x	+0,45
Толщина зуба	e	$4,181^{+0,042}_{-0,092}$
Длина общей нормали	W	$39,807^{+0,026}_{-0,069}$
Диаметр вершин	d_a	76H11
Диаметр впадин	d_f	80 H14

[illegible]

Приложение 2



Литература

- 1) Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Сулова, А.Г.. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – 5-е изд., исправл. – М.: Машиностроение-1, 2003 г. 944 с.
- 2) Справочник нормировщика машиностроителя. Т. 2: техническое нормирование станочных работ/ под. ред. Е.И. Стружестраха, Москва 1961г.
- 3) Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: учебное пособие / В.Ф. Скворцов. – Томск: издательство Томского политехнического университета, 2006. – 99с.
- 4) Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. Изд. 2-е. М., «Машиностроение», 1974, 421с. (ЦБПНТ при НИИТруда).
- 5) Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением, часть 1 . Романова С.Ю. – М: Экономика, 1990. – 210 с.
- 6) Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Сулова, А.Г.. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – 5-е изд., исправл. – М.: Машиностроение-1, 2003 г. 912 с.
- 7) Горбачев А.Ф, Шкред В.В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов. – Стереотипное издание. Перепечатка с издания 1983 г. – М.: Альянс, 2015. – 256 с.
- 8) Методические указания к выполнению раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» выпускной квалификационной работы для студентов обучающихся по направлению подготовки бакалавров 15.03.01. «Машиностроение», В.Ю. Конотопский издательство ТПУ 2015 г.